



Relatório Técnico

**Núcleo de
Computação Eletrônica**

Relatório de Pesquisa em Telefonia sobre ATM e Interoperabilidade entre Circuitos Emulados E1 em Equipamentos Fore e 3Com

**C. A. C. Marcondes
C. Peixoto
P. H. Aguiar**

NCE - 22/00

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Relatório de Pesquisa em Telefonia sobre ATM e Interoperabilidade entre Circuitos Emulados E1 em Equipamentos Fore e 3Com

Cesar A. C. Marcondes
cesar@posgrad.nce.ufrj.br

Carlos Peixoto
peixoto@nce.ufrj.br

Paulo H. Aguiar
aguiar@nce.ufrj.br

Núcleo de Computação Eletrônica - UFRJ
Caixa Postal 2324, CEP 20001-970
Rio de Janeiro - RJ - Brasil

RESUMO

Este relatório técnico descreve testes de interoperabilidade entre placas emuladoras de circuito E1 em ambiente de rede ATM. Foi realizado um estudo sobre o estado da arte da telefonia sobre ATM, logo depois foram estudadas as implementações de equipamento ATM com suporte à emulação de circuitos E1 dos fabricantes Fore e 3Com. Por fim, foi realizada uma interação entre estes circuitos realizando um loopback entre duas placas E1 de uma central telefônica NEC passando pela infraestrutura ATM. Características como sincronização e sinalização e seu mapeamento para a rede ATM foram verificadas.

Palavras-chave : ATM, Voz e Telefonia Sobre ATM, Sincronização e Sinalização Telefônica, Emulação de Circuito E1.

1 – Introdução

O presente trabalho foi motivado pela possibilidade de um melhor entendimento dos mecanismos que possibilitam o transporte de voz, e de comunicações telefônicas sobre backbones ATM (*Asynchronous Transfer Mode*). A principal forma de possibilitar esta comunicação no ATM, como veremos, é utilizando o serviço de emulação de circuito, que nos mesmos moldes da telefonia convencional, reserva um circuito ponto-a-ponto de voz dedicado para usuários assinantes. Esta solução é bastante restrita em termos de performance, mas é a mais simples de ser implementada, e está padronizada pelo Fórum ATM desde 1997 [URL99a]. Para consolidar nossos conhecimentos e verificar se a solução recomendada pelo Fórum ATM está sendo adotada, realizamos uma série de testes de interoperação de circuitos emulados E1 usando equipamento ATM de diferentes fabricantes. O objetivo é fazer um loopback entre duas placas de telefonia E1 de uma central telefônica PBX.

Este trabalho tem como meta realizar um estudo introdutório na utilização da rede ATM para transportar diferentes tipos de mídia (dados, vídeo, voz e/ou telefonia principalmente) com qualidade de serviço. Vários conceitos herdados da rede telefônica pleisíocrona convencional precisam ser mapeados em células ATM através de um módulo IWF (*InterWorking Function*), responsável pela adequação do comportamento do tráfego TDM (*Time-division Multiplexing*) ao comportamento assíncrono do ATM.

Na parte dos testes realizados, comentaremos informações oriundas dos manuais dos equipamentos e sua comprovação frente aos testes. Por fim, discutiremos as respostas dos testes à luz dos conhecimentos introduzidos, estabelecendo um comparativo entre a interoperação e as funções de cada circuito emulado de cada equipamento em relação à referência do Fórum ATM.

1.1 – Visão Geral sobre o Transporte de Voz sobre ATM

Muitas vezes, ainda hoje, quando da construção de redes corporativas temos que tratar de um sério problema na interconexão de PBXs (*Private Branch eXchange*), Muitas vezes é

preciso alugar um fio dedicado de uma operadora pública para poder interoperar redes de PBXs corporativas. Neste tipo de implementação rígida, existem rotas pré-estabelecidas entre os PBXs que queiram se comunicar, e uma série de pré-requisitos precisam ser alcançados como o pico máximo da banda de cada rota, e o grau de qualidade de serviço.

Dentro deste problema, estão sendo desenvolvidas novas infraestruturas de rede de voz privadas (VPN - *Voice Private Network*), que em muitos casos, reduzem os custos e simplificam as soluções de rede de voz baseadas em TDM (*Time-Division Multiplexing*). Nestas VPNs, cada PBX está conectado a um provedor de serviço da rede que interpreta sua sinalização e as rotas de chamadas para um PBX remoto. Assim, não é mais necessário especificar previamente rotas de troncos por PBX. No entanto, cada PBX ficará logicamente ajustado como se fosse um simples hop dentro da rede de PBX.

Já o desenvolvimento da rede de voz sobre o ATM pode agregar um valor superior ao fazer este trabalho de backbone e integrar as redes legadas de voz, dados, e vídeo, e com isso tornar esta operação muito mais simples do que em uma rede VPN [ATM98x] [ATM98y]. Entretanto existem certos desafios a serem solucionados no transporte de voz sobre ATM, principalmente no que diz respeito a tempo real e à natureza interativa do tráfego de voz. Estes desafios são :

1.1.1. Atraso

A primeira questão a ser discutida é o atraso, quesito fundamental quando se trata de tráfego em tempo real. Para se manter uma conversação interativa fim-a-fim, pela rede, o atraso tem que ser mantido em um patamar de qualidade de serviço aceitável pelos assinantes.

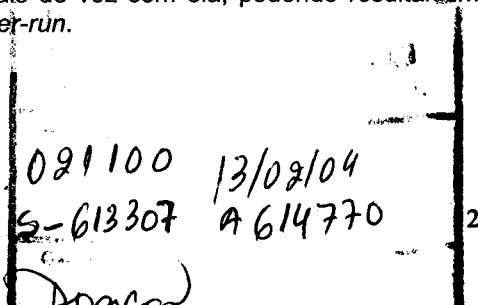
Na telefonia convencional existe um problema eletrônico que induz ao aumento do atraso na rede. Este problema experimentado em nível mundial por toda a rede POTS (*Plain Old Telephone Service*) é a conversão dos 4 fios dos telefones dos assinantes para dois fios que fazem a conexão das centrais de longa distância. Esta transição é feita por um dispositivo conhecido como "hybrid", em cada extremidade de uma rede de longa distância. O efeito negativo do aparelho é que ele reflete a comunicação do assinante de volta para seu aparelho telefonico causando um eco. Normalmente não se percebe este eco, confundido-o com o som da própria voz. No entanto, quando este eco demorar um tempo maior para chegar, ele será mais sentido e tornará a conversa muito difícil. O atraso na rede, portanto, não deve exceder 30 milisegundos, senão é necessária a utilização de dispositivos chamados canceladores de eco.

Uma vez colocado o sistema de cancelamento de eco, a rede pode ter atrasos de até 150 milisegundos sem que nenhum tipo de degradação da qualidade da voz seja experimentada. Quando atingimos um nível maior que 150 milisegundos de atraso na conversação de voz, temos problemas significativos como "colisão" de mensagens de voz (onde ambas as partes tentam falar de uma só vez). É comum encontrar este tipo de problema na utilização de links de satélite.

No âmbito da rede ATM, existem outros problemas de atraso. As dificuldades ficam focadas em três áreas, sendo estas áreas comuns à todas as redes de pacotes ou células, não tendo nenhuma correspondência com a velocidade de transmissão :

?? Atrasos de Empacotamento

O atraso de empacotamento é o atraso causado pela necessidade de se preencher completamente um pacote ou célula antes da sua transmissão. A função de remontagem usando uma taxa constante de bits (CBR) ou fluxo de dados em tempo real precisa, para operar corretamente e reconstruir o tráfego transportado, que ele esteja disponível no destino no instante de tempo correto. Assim, se uma célula em trânsito se atrasar, a função SAR (*camada de remontagem*) remonta os canais de voz sem ela, podendo resultar em buracos na conversação. Isso é chamado de *under-run*.



?? Atrasos de Bufferização

Na solução do problema anterior, a função SAR receptora deverá acumular em um buffer as células, para então começar a reconstrução do tráfego de voz. O tamanho deste buffer deve exceder o máximo atraso previsto de propagação pela rede, para garantir que nenhum *under-run* ocorrerá. Entretanto, este tamanho de buffer também se traduzirá em atraso, pois cada célula levará um certo tempo de bufferização até seu processamento.

?? Atrasos de Codificação

A terceira fonte de atraso ocorre na codificação de sinal analógico para o formato digital. Além disso, o desejo de comprimir o tráfego de voz para uma taxa de bits menor e ao mesmo tempo com a mesma qualidade, resulta em atrasos de processamento. Este atraso é mais significativo, quando estivermos lidando com taxas de bits muito baixas. A família dos algoritmos de codificação LD-CELP (*Low-Delay Code-Excited Linear Prediction*), por exemplo, permitem que a qualidade de codificação seja alcançada com taxas de bits tão baixas quanto 16kbps, mas gerando atrasos de codificação de até 10 milissegundos.

1.1.2. Sincronização

A sincronização do tráfego de voz é a segunda questão a ser abordada. O ATM, como o nome já diz, é assíncrono por natureza, mas o transporte de voz demanda que os dados estejam sincronizados para manter o relacionamento temporal entre quem fala e quem escuta.

No ATM temos dois mecanismos que permitem sincronização entre dois pontos : o Relógio Adaptativo e o SRTS (*Synchronous Residual Time Stamp*). Estes mecanismos ajustam a frequência do relógio de uma extremidade do circuito baseado na frequência de relógio da outra extremidade. No Relógio Adaptativo isto é realizado pelo monitoramento do tamanho do buffer de recepção da SAR. Ele então ajusta a frequência do relógio desta extremidade receptora com um nível de preenchimento do buffer apropriado.

Já o SRTS monitora a taxa do relógio que chega da extremidade dita "master" do circuito, e o compara com um relógio de referência. A diferença entre os dois relógios é então codificada e transmitida como parte do fluxo de dados. Na outra extremidade chamada "slave", esta diferença é recebida e usada para ajustar o relógio "slave".

Os casos do SRTS e Relógio Adaptativo não funcionam bem quando queremos sincronizar uma comunicação multiponto. Imaginemos o que um nó de rede, usando SRTS, faria ao receber fluxos de "relógios" master diferentes. Como recuperar tal informação ? E como ajustar o relógio quando um buffer sendo monitorado recebe pacotes de duas fontes diferentes, e com sincronização diferente ? Para resolver este problema, é preciso a adoção de um modelo externamente sincronizado, onde cada nó da rede estará sincronizado com uma mesma fonte externa de relógio.

1.1.3. Sinalização

Outra questão refere-se à utilização eficiente dos recursos através da transferência de informações de controle e sinalização. Uma chamada telefônica necessita de dois tipos de informação : as amostras de voz e a informação de sinalização. Esta informação de sinalização inclui número discado, status do aparelho telefônico (fora / no gancho), e outras informações sobre roteamento e controle. Existem duas formas de estruturar esta sinalização em um canal de comunicação telefônico; a sinalização pode trafegar em conjunto com as amostragens de voz em um mesmo canal (*CAS - Channel Associated Signaling*), ou a sinalização pode trafegar em um canal separado das amostragens contendo apenas a transferência de informações de sinalização (*CCS - Common Channel Signaling*).

No padrão europeu, e também no brasileiro, os canais de voz de chamadas telefônicas são agrupados em um único circuito E1 (*Tronco Digital Especial - 2048 kbit/s divididos em 32*

canais) que tem 30 canais de voz, cada um com 64 kbps de banda disponível para a voz (voz não comprimida usando PCM – *Pulse Code Modulation*). Dependendo de como está sendo utilizada a sinalização, podemos ter a sinalização associada a cada canal de voz, sendo utilizados 4 kbps de banda de cada canal de voz para o transporte da sinalização, ou teríamos a sinalização que utilizaria um único canal de 64 Kbps contendo as informações de sinalização de todos os canais daquele circuito, 64 kbps para este fim.

No caso de sinalização associada a canal (CAS), este tráfego de voz poderia ser transportado através de uma rede ATM, sendo que, esta sinalização fim-a-fim seria transparente para a rede. Em casos como o da sinalização trafegando em um canal único, poderíamos ter informações que indicariam que um certo tráfego seria comutado e entregue para dois ou mais pontos de extremidade da rede. Por conta disto, a rede ATM deveria poder interpretar esta sinalização, para passar a informação para seu ponto final correto. O maior problema nisto, é que o ATM deve ser capaz de entender diversos protocolos de sinalização, sejam eles proprietários e/ou padronizados.

Hoje em dia, estes problemas tem sido muito estudados. Muitos fabricantes estão provendo soluções baseadas em ATM que são capazes de interpretar a sinalização provida pelos seus próprios comutadores de voz. Mais significamente, a adoção em larga escala de padrões de sinalização de voz ISDN (*Integrated Services Digital Network*) e QSIG (*inter-PINX Private Integrated Network eXchange signaling system*) irão permitir aos fabricantes ATM oferecerem uma interface de sinalização de voz no ATM padronizada [ATM98].

1.1.4. Enfim os modelos de voz sobre ATM

Somando-se todas estas questões, dois modelos fundamentais de transporte de voz sobre ATM surgem [53by97][FORE97]. O modelo de “trunking de voz” e o de “comutação de voz”.

- ?? **Trunking de Voz** – Basicamente cria um túnel de tráfego de voz através da rede entre dois pontos extremos fixos. É um mecanismo apropriado para uma interconexão de PBXs. Não precisam processar sinalização, a não ser que queiram ter a oportunidade de usar uma detecção de canais ociosos e posterior economia de banda pela sinalização destes.
- ?? **Comutação de Voz** – Envolve a rede ATM na interpretação da informação de sinalização de voz e o roteamento de uma chamada pela rede. A comutação ATM que recebe a chamada de voz, será responsável por enviá-la ao destino correspondente. Este modelo está muito mais próximo de uma rede VPN.

1.1.5. O Trabalho do Fórum ATM

O Fórum ATM [URL99b] tem definido diversas padronizações para o transporte de voz sobre a rede ATM, são eles :

- ?? **CES (Serviço de Emulação de Circuito)** – para transportar canais E1 estruturados ou não estruturados, totalmente ou parcialmente preenchidos entre duas extremidades da rede ATM [ATM97d].
- ?? **Serviços de Emulação de Circuito Dinâmico** – para transportar canais E1 fracionados, parcialmente preenchidos, e realocação da banda em tempo de execução somente para canais de voz ativos. [ATM97a]
- ?? **ATM Trunking usando Serviços de Faixa Estreita sobre AAL2** – permite transportar canais de voz, de uma forma não estruturada, mas com uma natureza estatística maior, usando taxa de bits e tamanhos de canais variáveis [ATM97b].
- ?? **Voz e Telefonia sobre ATM para dentro do Desktop (Terminal Corporativo)** [ATM97c].

1.2 – A Especificação da Emulação de Circuito (CES)

A Emulação de Circuitos foi definida no Fórum ATM em janeiro de 1997 [ATM97d], como **af-vtoa-0078.000**, e encontra-se hoje na versão 2. O documento trata da Especificação de Interoperabilidade de Serviços de Emulação de Circuitos (CES-IS v2), que é o conjunto de recomendações de comum acordo entre os fabricantes no suporte ao tráfego telefônico em redes ATM.

Dentre os argumentos utilizados pela especificação do CES, é feita uma consideração inicial sobre o tráfego telefônico. Diz-se que ele é: “de taxa fixa, de tempo de atraso limitado, sendo a tecnologia de transmissão da informação telefônica essencialmente orientada a circuitos”. Estas características são mapeadas no ATM pela utilização de taxas CBR. O dispositivo de transporte deste circuito emulado é através de conexões G.703/4, e a voz é codificada dentro destas conexões usando o método de amostragem PCM normal, ADPCM (*Adaptive PCM*), ou outros métodos de codificação/compressão.

As implementações de emulação de circuito devem ser capazes de tratar tanto canais estruturados, como não estruturados, sejam E1, T1 ou J2 (*T1 – Tronco Digital Americano 1544 kbits/s*, *J2 – Tronco Digital Japonês 6312 kbits/s*), como serviços CBR. Entende-se por serviços não estruturados T1/E1/J2 transmissões transparentes de fluxos de dados T1/E1/J2 sobre a rede ATM, de modo que ele pareça com uma linha alugada correspondente. Já os serviços estruturados, tratam do fracionamento do fluxo de dados T1/E1/J2 em unidades de $N \times 64$ kbps em certo intervalos de tempo chamados *time slots*.

A emulação de circuito usa a camada de adaptação ATM AAL1 para segmentar o tráfego T1/E1/J2 recebido em células ATM e adicionar a informação de temporização necessária, para garantir que as informações que passarem no circuito possam ser corretamente remontadas no destino. O CES dá um passo decisivo na migração das redes legadas TDM para soluções de faixa larga totalmente ATM.

Temos entretanto duas limitações no uso de CES :

- ?? Ele não provê, o que os autores chamam de multiplexação estatística. Ou seja, a rede ATM não diferencia entre os canais $N \times 64$ kbps que estejam sendo usados (ativos) ou os que não tem informação (ociosos). Isto significa que dentro destes *time slots* ociosos alguma informação de preenchimento deverá ser transportada. Além disso, o mecanismo CES consome cerca de 10% mais banda do que o mesmo tipo de transporte através do uso de linhas alugadas (*overhead* de cabeçalhos).
- ?? Por ela ser implementada como um serviço ponto-a-ponto, impede a criação de qualquer tipo de topologia de rede, e podendo aumentar os custos, pois uma interface física tem que ser provida para cada destino remoto.

Para dar suporte ao entendimento correto do experimento posterior, aprofundaremos um pouco mais nos detalhes com relação ao CES E1 [ATM97d].

1.2.1. Tipos de Interfaces de Serviço para E1

- ?? **Serviço E1 Nx64** – Todos os modos de Serviços Estruturados DS1/E1/J2 $N \times 64$ kbit/s no qual os dois IWFs (*InterWorking Functions*) envolvidos estão emulando o serviço baseado em E1 $N \times 64$ kbit/s via uma interface G.703.
- ?? **Serviço Básico E1 Nx64** – Serviço E1 $N \times 64$ kbit/s *SEM* o suporte de transporte de sinalização CAS.
- ?? **Serviço E1 Nx64 com CAS** – Serviço E1 $N \times 64$ kbit/s *COM* suporte ao transporte de sinalização CAS.

Nas convenções de interface de serviço E1 Estruturado não está incluída qualquer indicação de suporte específico de serviços CCS (Sinalização em um Canal Separado, como o

SS7, por exemplo). A versão corrente da especificação de Emulação de Circuito (versão 2) não possui qualquer informação sobre o que fazer para prover o seu uso em sistemas com CCS. O serviço N x 64 pode ser configurado para usar somente uma fração dos *time slots* disponíveis na Interface de Serviço, permitindo que diversos circuitos emulados independentes compartilhem uma mesma Interface de Serviço.

Recomendação – Recomenda-se que um módulo de função IWF CES com Serviço N x 64 implemente uma Entidade AAL1.

Recomendação – Serviço E1 N x 64 deve ser capaz de ter interface com circuitos usando o esquema de quadros (fragmentação) do tipo G.704.

1.2.2. Instanciamento de *Time slots*

O serviço N x 64 deve transportar quaisquer grupos de timeslots de Nx64 kbit/s, onde N pode ser de 1 a 31 para E1. O instanciamento de *time slots* para um canal virtual não precisa necessariamente ser contíguo. O Serviço Nx64 também deve manter a integridade do quadro de 125 microssegundos através de um canal virtual (VC). Por exemplo, dado um circuito emulado 2 x 64 kbit/s, dois octetos que são enviados para uma Interface de Serviço IWF de entrada em um quadro, devem ser recebidos no IWF de saída em um quadro, e na mesma ordem.

1.2.3. Relógio

Qualquer serviço IWF N x 64 deve prover uma forma de permitir que uma fonte de tempo seja mapeada dentro de um PRS (*Primary Reference Source*), que é um mecanismo interno do equipamento que sincroniza o mesmo a partir de uma fonte primária de referência. Este serviço IWF Nx64, também deve prover uma marcação de 2,048 MHz com o equipamento E1 externo.

Estes requisitos assumem que o IWF provê a marcação necessária do circuito síncrono para o equipamento externo via a própria interface de serviço CES. Entretanto, isto não significa que esta marcação síncrona para um equipamento externo deva ser feita via uma interface física separada.

Recomendação – O IWF deve detectar Perda de Sinal (*LOS – Loss Of Signal*), perda de sincronização de quadro e perda de sincronização e relatar estas condições via MIB (*Management Information Base*).

1.2.4. Bits de Sinalização

O serviço N x 64 pode suportar sinalização em dois modos de operação: com Sinalização Associada a Canal (CAS) ou sem CAS. O Serviço Nx64 com CAS requer reconhecimento direto e manipulação dos bits de sinalização pelo CES IWF. Este modo é necessário para suportar aplicações Nx64 que suportem E1 CAS como PBXs e equipamentos telefônicos de voz.

O modo não-CAS, ou Serviço Básico, não requer suporte direto ao CAS pelo CES IWF. Este Serviço Básico pode ser usado para suportar aplicações N x 64 que não precisam de sinalização ou aquelas que provêm sinalização usando CCS (Sinalização é tratada como um canal separado).

1.2.5. Preenchimento de Célula

Uma fonte significativa de atraso conforme vimos anteriormente é o “atraso de montagem da carga da célula”, ou a quantidade de tempo que leva para coletar dados suficientes para preencher uma célula. Este período de tempo pode ser reduzido ao se enviar

células parcialmente preenchidas (com 46 bytes ou menos) ao invés de se esperar o preenchimento completo do payload (47 bytes), esta característica é opcional no CES IWF. O atraso é reduzido pela introdução de octetos *dummies* para completar a carga da célula.

1.2.6. A Entidade AAL1

A AAL1 como especificado em ITU-T documento I.363.1 tem a capacidade de delinear repetitivamente, "blocos" de tamanho fixo de dados, cada bloco sendo um número inteiro de octetos de tamanho. Esta capacidade é usada no serviço Nx64 para transportar N DS0 (*Digital Signal level 0 (64 kbit/s)*) *time slots*, organizados em blocos. Para um tamanho de bloco de um octeto, correspondendo a um simples fluxo DS0 (ex. N=1) com Serviço Básico, a AAL1 provê delimitamento de blocos, através do alinhamento de cada octeto AAL com um octeto de carga de célula ATM. Para um bloco de tamanho maior que um octeto, a AAL1 usa um mecanismo de ponteiro que indica o começo de um bloco estruturado.

Os circuitos de telefonia transportam bits de sinalização ABCD (como é o caso da sinalização R2) fim-a-fim, que também podem ser emulados com o CES IWF, se a opção de modo CAS for setada. E neste caso, um formato de estrutura especial AAL1 é usado para transportar circuitos emulados com CAS. Neste formato, o bloco AAL1 é dividido em duas seções, a primeira que transporta o payload do Nx64, e a segunda que transporta os bits de sinalização que estão associados com o payload, conforme podemos visualizar na figura 1.

No modo CAS, a parte de payload da estrutura é um multiquadro. Para o serviço Nx64 E1, usando quadros G.704, a porção de payload da estrutura AAL1, chamada de Sub-Estrutura Payload, é N vezes 16 octetos de tamanho. Em cada caso, o primeiro octeto na estrutura AAL1 é oriundo do primeiro dos N *time slots* e fica no primeiro quadro do multi-quadro.

A segunda porção da estrutura AAL1, chamada de Sub-Estrutura de Sinalização, consiste de bits de sinalização que estão associados com o multi-quadro. Para serviços E1, os bits de sinalização ABCD associados com cada *time slot* são empacotados aos pares em um octeto e colocados no final da estrutura AAL1. Se N for ímpar, o último octeto conterá somente quatro bits de sinalização e quatro bits zero de preenchimento. O Ponteiro para a Estrutura AAL1 é usado para indicar o primeiro octeto da Sub-Estrutura de Payload. No exemplo abaixo, se N é configurado como três, então cada bloco AAL1 contém payload de três *time slots*, mais os três arranjos de bits de sinalização apresentados no final deste multi-quadro.

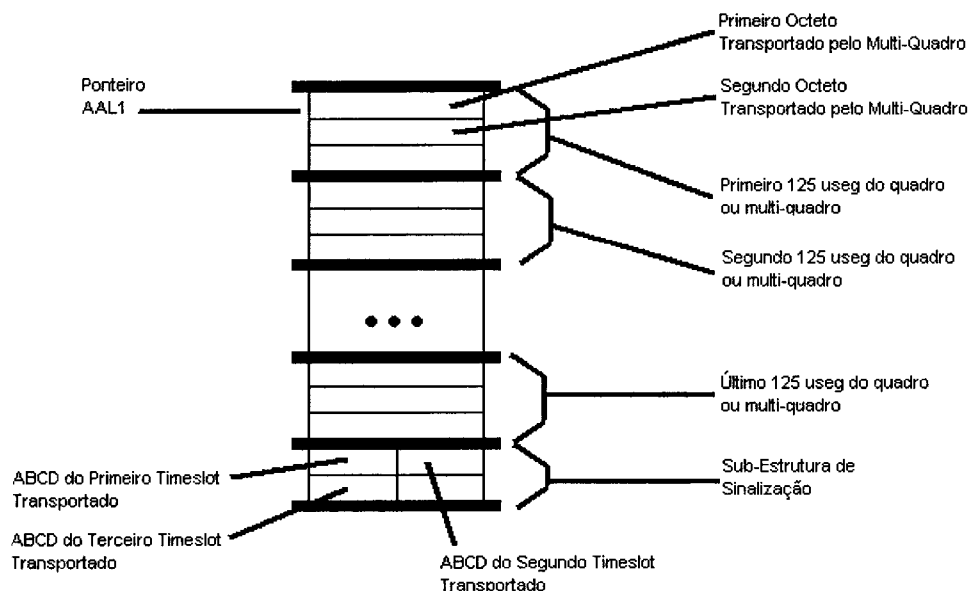


Figura 1 – Exemplo de Estrutura Multi-Quadro para 3 x 64kbts/s E1 com CAS.

1.2.7. Buffers

A função de remontagem necessita de um buffer no qual o fluxo de células remontadas seja armazenado antes de ser transmitido para fora da Interface de Serviço. O tamanho deste buffer é dependente da implementação, mas deve ser grande o suficiente para acomodar o CDV (*Cell Delay Variation*) esperado, e deve também ser curto o suficiente para não introduzir um atraso ocasionado pela permanência das células na fila.

1.2.8. Distribuição de Relógio

- ?? Uma fonte de relógio mapeada de PRS é usada para marcar, isto é, temporizar as camadas físicas suportadas nos links ATM entre o IWF e a rede ATM. Esta temporização pode ser realizada introduzindo-se na rede ATM um Relógio Central conectado em um ou mais switches. Cada CES IWF recebe esta marcação de timing na sua interface ATM.
- ?? Os links físicos acessando uma rede ATM podem ser sincronizados por uma PRS conforme explicado acima, mas esta temporização deve ser introduzida na rede ATM via a interface E1.
- ?? Se a interface de acesso CES IWF não tiver forma de marcar seu tempo através de um mapeamento com o PRS, então este mapeamento com o PRS deve ser suportado necessariamente pelo equipamento externo.

1.2.9. Parâmetros de Tráfego e Tolerâncias

O policiamento de tráfego deve ser realizado nas células geradas pelo CES IWF e transportadas pela rede ATM. O parâmetro de CDVT (*Cell Delay Variation Tolerance*) do contrato de policiamento UPC tem seu uso recomendado pela especificação. Deste, é levado em conta qualquer variação do atraso de células causado pela introdução das células OAM.

Em todos os casos, o tráfego OAM será incluído no cálculo do PCR (*Peak Cell Rate*) pela UNI 3.1, desta forma o tráfego OAM precisa ser adicionado ou tratado separadamente.

1.3 – Emulação de Circuito com Reserva de Banda Dinâmica

As restrições oriundas do Serviço de Emulação de Circuito Simples, resultaram no desenvolvimento do padrão do Fórum ATM, “Emulação de Circuito com Banda Dinâmica”, ratificado em julho de 1997, como **af-vtoa-0085.000**, e implementada por diversos fabricantes membros do Fórum ATM [ATM97a].

O objetivo desta recomendação era permitir um melhor aproveitamento da banda pela utilização de detecção sobre a atividade de *time slots* de um tronco TDM.

Quando um estado inativo for detectado em um time slot específico, este time slot é descartado da próxima estrutura de dados da IWF de Emulação de Circuito ATM e a banda que este timeslot estava utilizando pode ser reutilizada por outros serviços.

Na especificação não é sugerido o método para detectar a atividade do timeslot, deixando a cargo das empresas fabricantes definirem suas estratégias. Os mecanismos mais comuns de detecção são o monitoramento dos bits *A/B* (*on-hook / off-hook*) no canal de sinalização associada a canal, e a detecção de códigos que indicam ociosidade dentro da carga do canal de voz.

Um nó DBCES (*Circuito Emulado com Banda Dinâmica*) possui um módulo IWF Interworking Function que realiza as seguintes funções :

- ?? Serviços de Emulação de Circuito;
- ?? Detecção de atividade de *time slot*;

- ?? Mapeamento do Tamanho Dinâmico da Estrutura (DSS) da AAL1 que se correlaciona com os *time slots* ativos do TDM em direção ao ATM;
- ?? Recuperação dos *time slots* ativos da estrutura AAL1, do ATM para a direção TDM, e colocar no lugar os respectivos *time slots* no fluxo TDM;
- ?? Recolocar os sinais apropriados (ex. ABCD) em cada dos *time slots* do fluxo TDM recuperado.

Nesta operação, o sistema tem que alocar banda suficiente para suportar uma situação extrema em que todos os slots provisórios estejam ativos. No caso de um *slot* tornar-se inativo, o switch deve tomar esta banda não mais utilizada e temporariamente passar para outro serviço. Esta capacidade provê banda para serviços do tipo UBR durante os intervalos de carga de tráfego de voz mais leves. Isto aumenta a utilização efetiva da banda da rede.

1.4 – ATM Trunking usando AAL2 para Serviços Narrowband

Na emulação de circuito a voz é tratada como um fluxo codificado em uma taxa constante de bits (CBR). Mas na realidade, a voz não é um fluxo constante. Quando acontece uma conversação temos períodos curtos de silêncio.

Não existe a necessidade de ocupar, portanto, a banda transmitindo este silêncio. Temos também a limitação na emulação de circuito de sempre utilizar 64 kbps para representar um canal de voz. Portanto, esta é uma abordagem que não lucra com as tecnologias de compressão de voz.

Para tratar destas duas limitações o Fórum ATM definiu um mecanismo mais avançado para o transporte de voz com uma taxa de bits variável e um fluxo de voz comprimido. Este mecanismo é descrito na especificação **af-vtoa-0113.000**, terminada em Fevereiro de 1999, intitulada "ATM Trunking using AAL2 for Narrowband Services" [ATM99a].

Ela combina a supressão de silêncio na conversação, com a compressão do canal de voz, e a habilidade de multiplexação de diversos canais de voz dentro de um mesmo VCC. Esta multiplexação transpõe as questões de atraso de empacotamento. Esta abordagem combina a supressão de silêncio na conversação, com a compressão, e a habilidade de multiplexar diversos canais de voz dentro de um mesmo VCC. Esta multiplexação transpõe as questões de atraso de empacotamento resultando no uso de uma codificação de voz com taxa de bits menor. (Reescrever todo o parágrafo!!!)

Este padrão também opcionalmente provê a inclusão de mecanismos de comutação de rede baseados na interpretação do canais de sinalização de voz. Isto permite a construção de redes de voz comutadas privadas e públicas. Já a camada de adaptação AAL-2 provê a entrega em tempo real de um tráfego com taxa variável em uma rede ATM. Isto cai como uma luva nas necessidades de tráfego de voz comprimidos VBR.

A função IWF definida neste padrão poderá também rotear tráfego que esteja chegando em vários circuitos virtuais baseados em uma série de parâmetros. Esta habilidade permite que as chamadas sejam roteadas para os endereços da chamada, interface de entrada, *time slot*, prioridade ou outros mecanismos de sinalização. Para equipamentos que suportem estes mecanismos de "switched trunking", redes VPN completamente roteadas podem ser construídas e uma redução significativa na complexidade da rede pode ser alcançada.

1.5 – Voz e Telefonia sobre ATM para dentro do Desktop (Terminal Corporativo)

“Voz e Telefonia Sobre ATM para o Desktop” é parte da especificação da emulação N-ISDN e sua interoperação no ATM [ATM97c]. Ela requer o uso do subconjunto de capacidades de sinalização UNI 4.0. Uma chamada de voz é codificada da mesma forma que ela seria em N-ISDN, i.e., 64 kbits/s de dados codificados PCM (A-Law ou μ -Law). As capacidades de sinalização foram essencialmente portadas da Q.931 (que é o protocolo de sinalização de acesso da N-ISDN).

“VTOA para desktop” provê suporte para serviços de voz legados para dentro de um terminal ATM. Ele é análogo às especificações de Emulação de Rede Local sobre ATM (LANE), e multi-protocolo sobre ATM (MPOA) que provêm serviços de dados para um terminal ATM.

Por fim, “VTOA para desktop” poderá abordar as necessidades de suporte de características idênticas aos dos PBXs. Outros esquemas de criptografia e codificação de voz, remoção de silêncio e voz com qualidade de CD irão certamente ser consideradas. Capacidades adicionais poderão ser a interoperação com multimídia (vídeo etc.) em conferências sobre ATM, voz sobre IP, e voz comprimida para aplicações móveis.

2 – Arquitetura do Experimento

O experimento desenvolvido, tinha três objetivos principais :

- 1 – Pesquisa sobre Telefonia sobre ATM;
- 2 – Interoperabilidade de Emulação de Circuito em Equipamentos ATM;
- 3 – Questões relacionadas com a sinalização e sincronização em uma topologia de Circuitos E1 Emulados.

A concepção inicial da arquitetura do experimento era a seguinte :

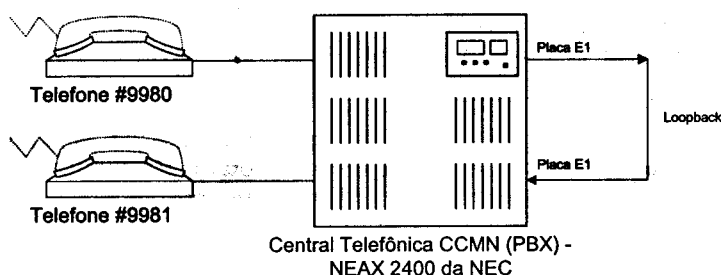


Figura 2 – Loopback local entre duas placas E1 da Central Telefônica (PBX).

Utilizando um PBX em funcionamento, estabelecer uma rota que pudesse transmitir através de dois terminais telefônicos uma conversação dentro de um canal E1 em loopback, e neste caso que houvesse comunicação entre as duas partes (Figura 2). Foram então instaladas duas placas E1 com sinalização R2 Digital [ITU-T98] dentro do PBX NEAX 2400 da NEC. As placas tinham interface física G.703 (*cabo coaxial*).

Depois desta fase, seriam inseridas as placas de emulação de circuito E1 ATM e o resultado deveria ser, transparentemente para o PBX, o mesmo loopback visto na figura anterior (Figuras 3 e 4).

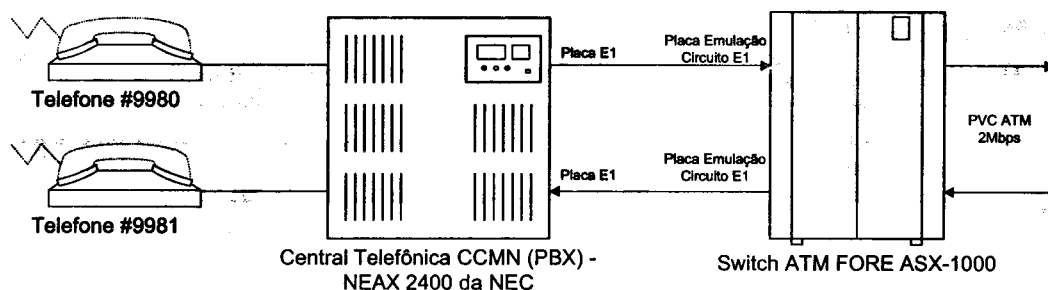


Figura 3 – Loopback local entre duas placas E1 da Central Telefônica (PBX) através do túnel ATM criado com as placas de emulação de circuito e o PVC ATM – Equipamento FORE.

A partir deste ponto, teríamos que configurar o switch ATM, ou mais especificamente a placa E1 CBR deste switch, para receber um canal estruturado E1, transformar esta chamada em células, transmiti-las por um PVC aberto exclusivamente para realizar o loopback e assim poderemos realizar a mesma conversação mencionada anteriormente entre dois terminais de comunicação telefônicos (Figura 3).

O trabalho seria estendido para abranger as especificações de emulação de circuito de outro switch ATM (Figura 4).

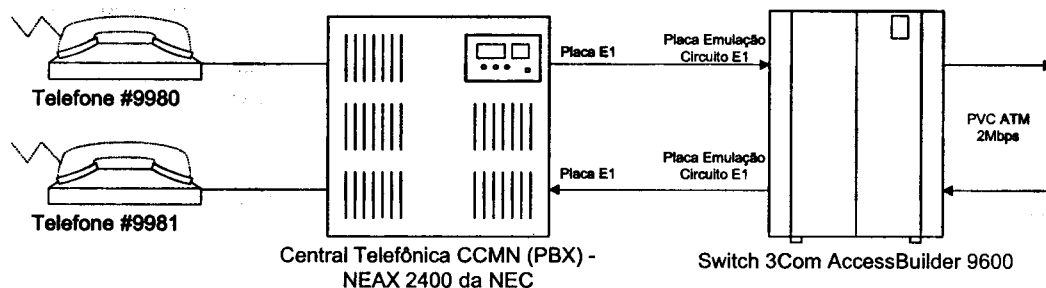


Figura 4 – Loopback local entre duas placas E1 da Central Telefônica (PBX) através do túnel ATM criado com as placas de emulação de circuito e o PVC ATM – Equipamento 3COM.

Na arquitetura final (Figura 5), os dois switches ATM, de diferentes fabricantes, interoperariam, atuando como um loopback transparente para o PBX, mas com o estabelecimento de PVCs entre eles, sem perda de sincronização, nem problemas de sinalização.

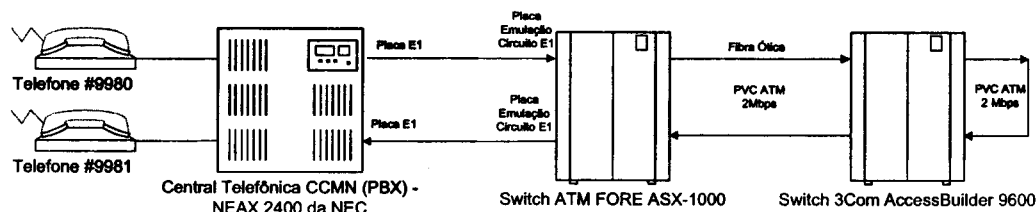


Figura 5 – Loopback local entre duas placas E1 da Central Telefônica (PBX) através do túnel ATM criado com as placas de emulação de circuito e o PVC ATM – Equipamento 3COM e FORE interoperando.

2.1 – Material e Métodos

No ambiente do laboratório de Análise e Desempenho (*LAND*), dentro do NCE da UFRJ, foi montada em etapas uma estrutura para a realização dos experimentos de telefonia sobre ATM. Diversos equipamentos foram usados, pesquisados e testados. Segue uma lista destes equipamentos e suas funções dentro do experimento :

- ?? **Conversor V.35 – G.703 FCD-2:** Com uma série de recursos de configuração na estruturação de um canal síncrono de 2Mbps, este conversor foi o instrumento que possibilitou muitos testes, principalmente quando não estavam disponíveis as placas de rota da central telefônica PBX da NEC, servindo como um emulador do comportamento de um PBX [FCD93].
- ?? **Fore ASX-1000 (Placa E1 CBR):** Esta foi a primeira placa testada, contendo a IWF de Emulação de Circuito, por onde os dados estruturados em E1 emulado passariam [FORE98a], [FORE98b], [FORE98c], [FORE98d], [FORE98e], [FORE98f].
- ?? **3Com AccessBuilder 9600 (Placa E1 CBR) :** Uma outra placa ATM também testada, contendo recursos diferentes da placa da Fore, foi particularmente usada para verificar se existiam alguns problemas de interoperação dos circuitos emulados FORE e 3COM [Moli98].
- ?? **Roteador Cisco com saída V.35:** Este roteador foi configurado para gerar pacotes IP e enviá-los à sua saída V.35, e convertidos através do FCD-2 em quadros E1 estruturados para dentro dos circuitos emulados.
- ?? **Adaptador Modelo 460 da Patton:** Este adaptador foi utilizado para converter cabos coaxiais G.703 para par trançado. A interface física das placas CBR dos ATM exigia este adaptador [PATT95].
- ?? **NEC Neax – 2400:** Central Telefônica Digital da NEC, responsável pelos ramais telefônicos do CCMN (Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza) da UFRJ, contendo duas placas E1 com rotas traçando um loopback entre elas [NEC97].

2.2 – Estrutura do Relatório

O experimento foi implementado em várias fases, de forma que o funcionamento de cada fase fosse plenamente entendido antes de prosseguir para a fase seguinte. Estas fases foram divididas nos seguintes capítulos :

Capítulo 3 :

Fase I – Estudo dos Equipamentos;
Conversor V.35 – G.703 FCD-2;
AccessBuilder 9600 da 3Com;
ASX-1000 da FORE;
PABX NEAX – 2400 da NEC;

Capítulo 4 :

Fase II : Estudo da Sinalização R2 Digital.

Capítulo 5 :

Fase III : Integrando todos os equipamentos;
Aprendizado e conhecimento dos equipamentos que emularão o PBX;
Entendendo o mecanismo de sincronização;
Inserindo o Circuito Emulado da Fore;
Entendendo o mecanismo de sincronização no Circuito Emulado Fore;
Transmissão de E1 estruturado ponto-a-ponto;
Repetição dos Passos III, IV e V usando o Circuito Emulado da 3Com;
Fazendo interoperação entre circuitos emulados;
Colocando as placas E1 do PBX nas extremidades.

3 – Estudo dos Equipamentos

3.1 – Visão Geral do Conversor V.35 – G.703 FCD-2

O FCD-2 é um conversor de taxa e interface de um LTU integral para um serviço de oferecimento de canal E1 fracionado [FCD93]. Ele provê um canal de transporte de dados síncrono que pode ser transmitido através de redes E1 públicas (CEPT) com propósito de controlar somente a parte paga de uma banda contratada, pois seu canal de dados suporta uma seleção pelo usuário das taxas de transmissão que podem ser múltiplas de 64 kbps até o máximo de 1984 Kbps.

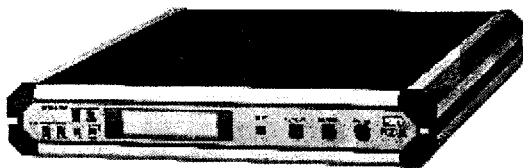


Figura 6 – Conversor V.35 /G.703 FCD-2.

O modelo tem uma interface V.35 de entrada LTU, e tem outra com a qual transporta os serviços E1, que é a G.703. Possui codificação de linha configurada como HDB3. O tamanho máximo da linha LTU a ser usada é de até 1,65 kms. Também suporta a configuração pelo usuário de *time slots* flexíveis, ou seja, o usuário pode selecionar o uso de *time slots* consecutivos ou a livre escolha de qualquer um deles. Permite ainda a identificação automática de *time slots* ociosos, através da transmissão dos *time slots* livres com um código especial. O FCD-2 suporta dois tipos de super-quadros E1:

- ?? O super-quadro G.732N, que consiste de dois quadros. Usando este tipo de super-quadro, o timeslot 16 pode ser usado para enviar dados.
- ?? O super-quadro G.732S, que consiste de 16 quadros. Com ele, o timeslot 16 deve ser reservado para sinalização e informação de supervisão, e não está disponível para o usuário.

Ele tem uma flexibilidade enorme quanto aos requisitos de temporização. Os modos de sincronização para o canal principal são selecionados no painel de controle do equipamento. Nesta sincronização do Canal Principal, o FCD-2 opera por default com relógio de recepção, recuperando o clock recebido através do canal de dados. Ele também pode ser a fonte de clock do canal principal, bastando que a opção seja selecionada pelo usuário.

Abaixo temos a lista das três opções de transmissão de sincronização possíveis:

- ?? **Sincronização Loopback (LBT):** O sinal de transmissão do canal principal FCD-2 é fixado como o clock recebido e recuperado. Este é o modo de sincronização normalmente selecionado para operação em rede.
- ?? **Interno (INT) :** O sinal de transmissão principal é derivado do relógio do oscilador interno do equipamento. Este modo de sincronização é necessário quando usamos aplicações ponto-a-ponto sobre linhas alugadas, onde um equipamento FCD-2 deve prover a sincronização de referência para o canal. Neste caso, o primeiro FCD-2 deve usar seu oscilador interno, e o outro deve operar com o sinal de clock recuperado.
- ?? **Temporização Externa (EXT):** com a sincronização externa, o relógio transmitido é fixado com base em um sinal de clock provido de um DCE usuário conectado ao FCD-2 pela interface de canal de dados do usuário. Este modo pode ser usado para manter a distribuição hierárquica da distribuição de relógios em grandes redes.

O FCD-2 armazena os alarmes detectados durante a sua operação em um buffer de alarme. Durante a operação normal, o display do painel de controle do FCD mostra se existem quaisquer alarmes no buffer de alarme, para notificar o operador local que condições de alarme foram detectados. Além disso, existem certos LEDs no painel de controle que indicam em tempo real o status do canal E1 e a atividade do canal síncrono do usuário.

3.1.1. – Configurações a respeito do equipamento FCD-2

No primeiro estágio dos experimentos, os comandos e configurações mais importantes com relação ao FCD-2, no seu papel de emulador do PBX, foram os seguintes :

?? **Testes com Serviços Não-Estruturados :**

- ~~ex~~ Configuração do Clock_Mode em **DCE**;
- ~~ex~~ Configurações do Clock_Master em **LBT ou INT**, dependendo de qual equipamento seria o clock de referência na rede síncrona;
- ~~ex~~ As outras configurações permaneceram como configurações default do equipamento, ressaltando que as mais relevantes são : **G.732 N, CRC-4 NO, BP_TS_16 NO, Speed-Kbps 1984**.

?? **Testes com Serviço Estruturado utilizando todos os canais (32 canais do E1) :**

- ~~ex~~ Configuração do Clock_Mode em **DCE**;
- ~~ex~~ Configurações do Clock_Master em **LBT ou INT**, dependendo de qual equipamento seria o clock de referência na rede síncrona;
- ~~ex~~ Configuração de Enquadramento em **G.732**, onde o super-quadro é constituído de 16 quadros;
- ~~ex~~ Configuração do BP_TS_16 em **YES**. Esta opção controla o uso do time slot 16. Se estiver em YES significa que o *time slot* 16 não pode ser usado para transmissão de dados do usuário, e sim para sinalização. Neste caso, o tamanho máximo do canal de dados do usuário tem que ser diminuído para 1920;
- ~~ex~~ Configuração do Speed-kbps em **1920**. É importante notar, que existe uma ordem para efetuar as configurações para suportar os serviços estruturados. Primeiro modifica-se o speed-kbps, para depois modificar o BP_TS_16 e por último configurar o G.732 S. Do contrário, o equipamento não permitirá a mudança;
- ~~ex~~ Uma função pouco relevante mas dentro do contexto do problema é o **CRC-4 em NO** (Se estivesse configurado com YES, isto significaria que cada quadro teria informações de CRC – Cyclic Redundancy Check e assim poderíamos realizar recuperação de dados). (((Não está faltando nada ???)))

3.1.2. – Realizando medidas e verificando erros no FCD-2

Entre os testes realizados para a construção do experimento, utilizamos muitas vezes das funções de alarme do equipamento para a verificação do funcionamento correto do mesmo, ou para verificar se uma determinada configuração estava correta. Portanto, os alarmes (erros) mais importantes e relevantes para nós foram os seguintes:

Código do Alarme	Significado do Alarme
Link Signal Loss	Perda do sinal de recepção do Canal Principal.
BPV Error	Violações bipolares no sinal de recepção do Canal Principal.
Link Frame Slip	E1 frame slips (quadros fora de posição) foram detectados.
Sfifo Over / Under	Problemas técnicos (FIFO overflow / underflow), geralmente causados por frequências de relógio diferentes.
Excessive BPV	A taxa de violações bipolares no sinal recebido do canal principal excede 1×10^{-6} durante um intervalo de medida de 1000 segundos.
Invalid Clk Src	Esta mensagem aparece quando temos configurado a temporização em LBT e existe alguma perda de sinal.
AIS Sync Loss	Perda de sincronização causada pela condição AIS (<i>Alarm Indication Signal</i>).
CRC-4 Error	Erro de CRC-4 detectado no sinal recebido pelo canal principal atualizado uma vez por segundo.

Tabela 1 – Alarmes mais comuns do equipamento FCD-2.

3.2 – Visão Geral do AccessBuilder 9600 da 3Com

O Switch Pathbuilder S600 como é conhecido formalmente o switch de acesso AccessBuilder 9600, trabalha para solucionar o desafio da integração de redes. É preciso aumentar a banda, ao mesmo tempo em que se reduz os custos. Ele tem uma solução que realmente reduz os custos associados com a migração para o ATM e mantém o canal de acesso como um caminho para o futuro crescimento. Temos no AccessBuilder 9600, características de gerenciamento de tráfego avançado, como modelagem do fluxo e filas com prioridades. A sua arquitetura de alta capacidade permite suportar novas demandas de aplicativos.

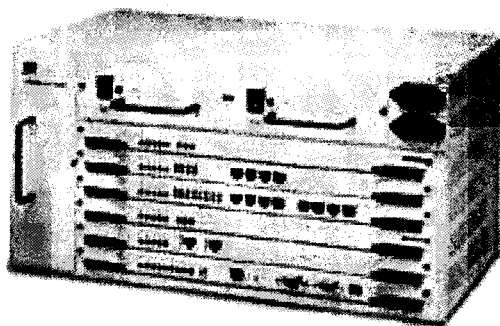


Figura 7 – AccessBuilder 9600.

Seus módulos “swappable” trazem flexibilidade na configuração. **O sistema pode facilmente ser expandido, assim que as necessidades indiquem que é preciso um crescimento [3COM98]. => Melhorar a sentença!!!**

O PathBuilder S600 oferece também um agente SNMP para verificar performance, alarme e gerenciamento de configuração. Ele suporta taxa de bit constante (CBR), variável (VBR) e best-effort (UBR), possuindo também características mais avançadas como descarte de pacotes e Alocação de Banda Dinâmica (DBA) para Serviços de Emulação de Circuitos (CES).

Cada módulo de aplicação contém um processador RISC de alta velocidade, provendo performance escalonável e poder de processamento capaz de atender às necessidades de comunicação em termos de velocidade.

As interfaces ATM PathBuilder S600 estão de acordo com as normas da ITU-T para especificação de E1 / T1. No caso do módulo PathBuilder S600 T1/E1 CBR, a sua interface de serviço pode receber tráfego gerado por PBXs existentes, multiplexadores T1/E1, CSU/DSUs, e codificadores de vídeo. Usando o módulo T1/E1, o switch converte tráfego CBR nas premissas estabelecidas pela especificação de emulação de circuito (CES), suportando tanto o modo estruturado quanto o não-estruturado.

A resistência da rede é melhorada por um conjunto de sofisticadas características de *trunk* (condicionamento de tronco) que permite ao equipamento usar procedimentos de sinalização para alertar um PBX sobre uma eventual falha na rede ATM. As capacidades de gerenciamento incluem itens que podem ser gerenciados tanto localmente quanto remotamente, como distribuição do relógio (SRTS, adaptativo, loop, ou interno), loopbacks, codificação da linha, e formatos de quadros.

O gerenciamento flexível da banda aumenta a eficiência da rede. O módulo T1/E1 CBR realiza os modos de operação T1/E1 padrão de emulação de circuito tanto estruturado quanto não estruturado, dando flexibilidade para rotear individualmente DS0s (56kbps ou 64 kbps), ou grupos de DS0s com uma simples entrada T1/E1 para diferentes destinos pela correspondência de cada canal com um circuito virtual diferente. O módulo também maximiza o uso da banda do ATM pelo monitoramento dos canais de sinalização DS0. Assim, a interface determina que conexões estão ociosas e dinamicamente realoca banda para outras aplicações que desejam acessar a rede. Portanto, as células são geradas somente pelas conexões com canais de voz ativos.

3.2.1 – Informações Técnicas a respeito da Placa de Emulação de Circuito

Nome da Placa :	PathBuilder S600 8-Port E1 CBR Module 3C63105-8E1
Compatibilidade com a Padronização :	Fórum ATM : “Especificação de Interoperação de Serviço de Emulação de Circuito Versão 1.2”
Interface :	Fórum ATM Circuito Emulado estruturado e não-estruturado
Número de Interfaces	4 e 8
Tipo de Conector	RJ-48, 120 ohms balanceado, ou 75 ohms não balanceado (com conector E1 balun)
Encapsulamento ATM	AAL1
Temporização	SRTS, relógio adaptativo, loop, interno
Tolerância da Variação de Atraso de Células (CDVT)	24 msec (T1), 32 msec (E1)
Classe de Serviço	CBR
VPI/VC1	Até 192 por módulo de 8 Interfaces Até 96 por módulo de 4 interfaces
LEDs do Painel Frontal	Power, in-service, fail, test, active

Tabela 2 – Especificações técnicas da placa de emulação de circuito da 3Com

3.2.1. – Comandos e Capacidades do Software de Configuração do AccessBuilder 9600

O processo de configuração do AcessBuilder 9600 Módulo E1 CBR envolve as seguintes atividades [3COM98]:

- ?? Configurando o status administrativo do cartão E1 CBR;
- ?? Configurando as portas explicitamente;
- ?? Criando o PVC.

A próxima tabela contém as flexibilidades configuradas por software, suportadas pelo AccessBuilder 9600 na sua placa de emulação de circuito E1 CBR.

Line Code (Codificação da Linha) —A técnica de supressão de zeros para a codificação dos bits que trafegarão nesta placa. Este parâmetro deve ser configurado para coincidir com as codificações de linha do dispositivo externo ou provedor de serviço. O valor padrão é <i>B8ZS</i> .
?? AMI —Inversão de Marca Alternada; um T1 (1.544 Mbps) codificando em uma linha onde aparecem uns (marcas) que são alternadamente invertidos.
?? B8ZS —Substituição de 8 Zero Binário; uma linha T1 (1.544Mbps) codificada neste formato é usada para acomodar “densidades de uns” para uma transmissão clara no canal.
?? HDB3 – Codificação bipolar que não permite mais do que três zeros consecutivos.
Port Mode (Modos de Serviço E1) —O tipo de serviço configurado em uma porta específica. Tanto os modos de Dados Estruturados quanto Voz Estruturada permitem conectividade entre DS0s fim-a- fim. Eles têm que combinar nas portais locais e remotas. Segundo os exemplos tratados em [Moli98], esta conectividade só é alcançada entre equipamentos do mesmo fabricante 3Com.

- ?? **Structured Data**—Serviço estruturado que provê capacidades $N \times 64$ kbps, onde N abrange de 1 até o número máximo de canais DS0 disponíveis. No serviço de dados estruturado passamos tráfego sem informação de sinalização.
- ?? **Structured Voice**—Serviço estruturado que provê capacidades $N \times 56$ kbps, onde N abrange de 1 até o número máximo de canais DS0 disponíveis. No serviço de voz estruturado o tráfego carrega informações de sinalização através do uso dos bits de sinalização A & B terminando o quadro E1 na interface CBR E1.
- ?? **Unstructured**—Serviço não estruturado provê o tunelamento de quadros T1 ou E1; ele permite que aplicações utilizem a banda inteira disponível a uma taxa de 2.048 Mbps.

Framing (Enquadramento)—O tipo de organização de quadro é configurado na interface da porta E1 : G.704 para o módulo CBR E1. Ao configurar este parâmetro é preciso que exista uma combinação da organização da fragmentação na conexão com o dispositivo, e nas portas locais e remotas. Quando houver uma incompatibilidade no enquadramento isto poderá causar condições de alarme LOF (Loss of Framing), OOF e resultar em perda de tráfego.

Timing (Temporização)—O tipo de serviço de clock de entrada é configurado pela interface da porta. O default é *System*. As opções *SRTS* e *Relógio Adaptativo* são normalmente usadas para aplicações de voz, o SRTS para aplicações de voz não estruturadas, e o Relógio Adaptativo para aplicações de voz estruturadas [3COM98].

System—Configura a interface da porta para usar o oscilador interno como fonte de temporização.

Loop—Configura a interface da porta para usar o relógio da porta de entrada RxIn como a fonte de temporização; a temporização é recebida do *loop* de serviço. Selecione Loop se a porta T1 for usada pela rede/portadora como terminação do serviço, neste caso a portadora (o *loop* de serviço) normalmente proverá a fonte de temporização.

SRTS—*Synchronous Residual Time Stamp*; um meio de medir a frequência do serviço de relógio contra o sinal de sincronização referência da rede. O SRTS mede as frequências de entrada contra a fonte de relógio de referência "master" da rede, e ajusta a taxa pelo envio de marcadores de tempo residual no cabeçalho AAL1 para o lado remoto.

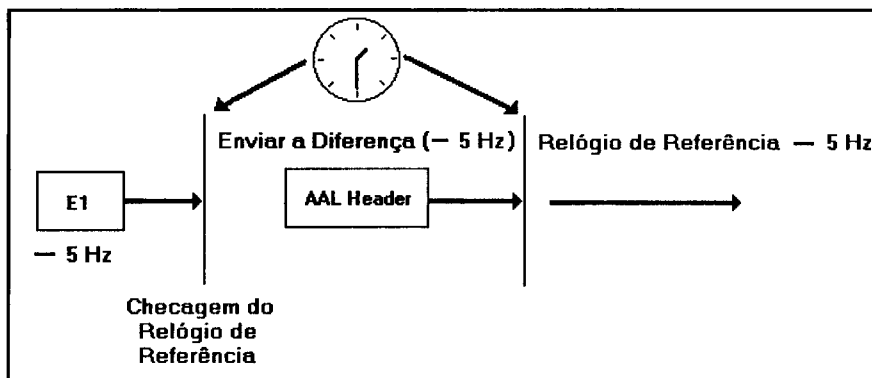


Figura 8 – Sincronização por SRTS (Synchronous Residual Time Stamp).

Relógio Adaptativo — Uma técnica de sincronização que independe de um relógio de referência da rede, para regenerar as entradas do serviço de clock. A temporização adaptativa usa um indicador de tamanho de buffer no receptor para ajustar a taxa da linha : quanto mais cheio o buffer, mais rápido deve ser a frequência da linha; e quanto mais vazio o buffer mais lenta será esta frequência.

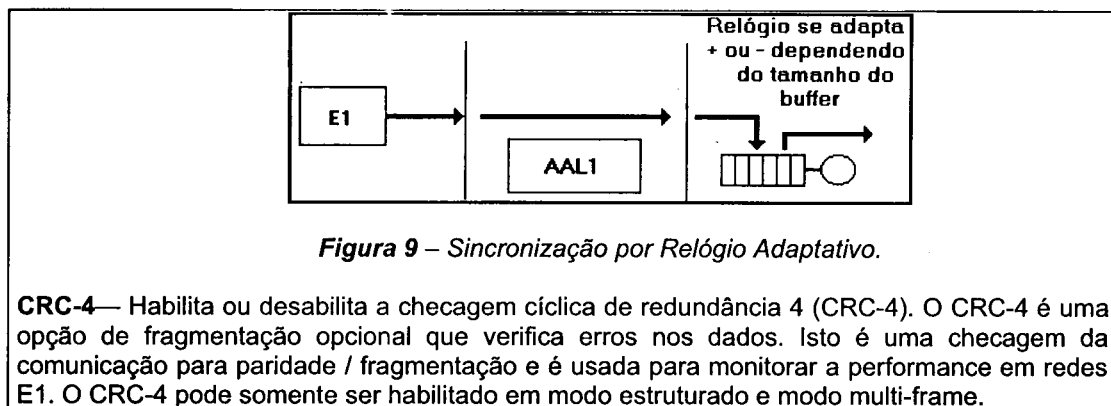


Tabela 3 – Configurações do AccessBuilder 9600 para prover Emulação de Circuito.

3.2.2. – Criação do Circuito Virtual (PVC) para a Placa E1 CBR

Pode-se mapear conexões de emulação de circuito entre duas portas CBR E1 através do mapeamento do E1 em circuitos virtuais permanentes (PVCs) criando a rota de transporte do circuito em uma rede ATM até chegar na porta E1 destino em alguma outra extremidade da rede. Os parâmetros para configuração dos PVCs no 3Com são os seguintes [3COM98][Moli98]:

CDV Buffer size (CDV – Cell Delay Variation)—A variância de atraso das células que é prevista para o circuito CBR como indicado pela rede E1 e deve ser levada em conta no seu transporte pelo PVC na rede ATM. Valor Configurado : 1-24 ms.

Cell Loss Integration Period—A quantidade de tempo que o sistema aguardará antes de declarar estado de perda de células : 2000-65535 ms.

Onhook Detection—Habilita ou desabilita a detecção de telefone no gancho. Isto somente funciona quando temos o modo estruturado de voz. Quando habilitamos esta detecção, a banda disponível pode ser automaticamente realocada baseada na condição da detecção onhook, conforme o especificado pelo tipo de sinalização.

Signalling Type—O tipo de sinalização da aplicação: **No Signalling**, **E&M/PLAR**, **FXO-LoopStart**, **FXS-LoopStart**, ou **FXO-GroundStart para CBR DSX**; **R2 para CBR E1**. Somente pode-se modificar este campo usando o modo de voz estruturado do 3Com. Neste modo, pode-se selecionar qualquer sinalização de aplicação exceto **No Signalling**. Nos modos de dados estruturados e não-estruturados o padrão é **No Signalling** e ele não pode ser modificado.

DS0 Channels—Os canais DS0s associados que estão respectivamente associados com a conexão VC do ATM. Todos os canais DS0 são disponibilizados automaticamente no modo não-estruturado, os canais DS0 são bit-coded, com cada bit representando um canal DS0. Pode-se configurar um número de canais DS0 somente no modo estruturado.

3.3. – Visão Geral do ASX-1000

O Switch ATM ForeRunner ASX-1000 foi desenvolvido para ir de encontro às necessidades das redes corporativas. Este equipamento pode conectar até 128 dispositivos de acesso ATM (i.e., hubs, roteadores, LAN switches, ou dispositivos de acesso WAN) [FORE98a].

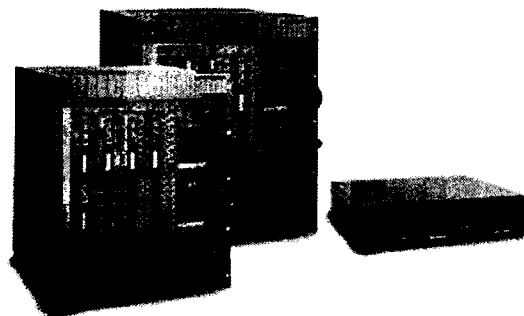


Figura 10 – Switch ATM ASX-1000.

Para aplicações que requeiram grande capacidade, o ASX-1000 é um backbone escalonável com capacidade de comutação de 2,5 Gbps para até 10 Gbps. A arquitetura do switch da família ASX é baseada na premiada tecnologia de output-buffered, e memória compartilhada de comutação distribuída. Este design faz com que estes switches suportem as mais exigentes demandas de performance e vazão.

O ASX-1000 foi inteligentemente particionado na sua estrutura o que significa que todos os componentes, fontes de força, módulos de rede, processadores de controle de comutação (SCP) e switch fabrics podem ser removidos e inseridos, ou "hot-swappable", enquanto a unidade estiver em operação. Uma gama completa de interfaces de LAN e WAN ATM estão disponíveis incluindo 25 Mbps, T1, E1, J2, DS3, E3, 155 Mbps SONET/SDH (UTP-5 e fibra) e 622 Mbps OC-12 ATM. Além disso possui soluções de emulação de circuito e de transporte de células em Frame Relay.

O ASX-1000 suporta diversos padrões do Fórum ATM, IETF e ITU-T. Sendo que a empresa Fore (atualmente Marconi) foi a primeira fabricante no mercado corporativo a ter suporte específico de ABR de acordo com as normas do Fórum ATM.

3.3.1 – Informações Técnicas a respeito da Placa de Emulação de Circuito

Nome da Placa : VoicePlus
Circuit Emulation Services Network Module

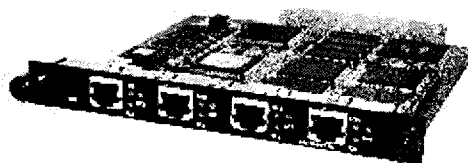


Figura 11 – Placa de Emulação de Circuito VoicePlus.®

Capacidade de Portas : 6 portas DS-1 (T1) ou E-1 no módulo de rede
Taxa de Transmissão : DS-1 – 1,544 Mbps E1 – 2,048 Mbps
Mídia : Par trançado não blindado (UTP)
Conector : RJ – 48c
Fragmentação do Circuito : Serviço Estruturado : Emulação cross-connect digital onde N x 64 kbps e N x 56 kbps circuitos são mapeados em uma única conexão virtual ATM (VCs); N = 1 até 24 / 1 até 31 de canais Digital Signal Level Zero (DS0) por porta DS-1/E-1 do módulo VoicePlus; Serviço Não – Estruturado : Banda Completa 1,544 Mbps (DS-1) e 2,048 Mbps (E-1) para o serviço por porta do módulo VoicePlus.
Sinalização de Circuito : Sinalização Associada ao Canal (Modo CAS) e modos Básicos suportados com Serviços Estruturados.
Fragmentação da Linha : Na versão DS-1 – ESF (Extended Superframe) e SF (Superframe); Na versão E1 – G.704.
Codificação da Linha : Na versão DS-1 – AMI e B8ZS; Na versão E1 – HDB3 (G.703).
Clocking (Temporização): Clock Síncrono – Serviços Estruturados e Não-Estruturados : fonte de referência primária e secundária de 8 kHz oriunda da fabric interna (default), ou recuperação de relógio de uma porta do módulo de rede, ou do crystal da placa; Clock Assíncrono – Serviços Não-Estruturados.
Preenchimento Variável de Células : Permissão de configuração do preenchimento de células AAL1 ATM de 9 até 47 bytes.
Loopbacks : Por cada porta, ou loopback de payload.
Estatísticas / Alarmes : Erros de cabeçalho, ponteiros, células perdidas, overflow e underflow de buffer, violações da codificação do caminho (PCV), violações da codificação da linha (LCV), perda de quadro (LOF), sinal de indicação de alarme (AIS), perda de sinal (LOS), perda de

multi-quadro (LOMF).
Compatibilidade : "Especificação de Serviços de Emulação de Circuitos v.2.0 do Fórum ATM (ATM Forum/95-1504R1), ANSI/Bellcore T1.403, ITU-T G.703, G.704, G.823, G.824.

Tabela 4 – Especificações técnicas da placa de emulação de circuito da FORE.

3.3.2. – Comandos e Capacidades do Software de Configuração do Fore ASX-1000 para Emulação de Circuitos

Primeiramente é preciso, assim como no 3Com configurar a porta E1, do switch e então criar o serviço de emulação de circuito virtual CES [FORE98b][FORE98c] [FORE98d] [FORE98eb][FORE98f].

No prompt do programa de configuração da *fabric* referente à placa VoicePlus, fazemos:

>configuration port cese1

Port	State	CRC4 Mode	TS16 Framing	Carrier State	Line Coding	Loopback State	Port Timing	Line Impl.	Line Status	UpStr AIS
2C1	Up	off	on	no	HDB3	None	crystal	120	1120	no
2C2	Up	off	on	no	HDB3	None	crystal	120	1120	no
2C3	Down	off	on	no	HDB3	None	crystal	120	1120	no
2C4	Down	off	on	no	HDB3	None	crystal	120	1120	no
2C5	Down	off	on	no	HDB3	None	crystal	120	1120	no
2C6	Down	off	on	no	HDB3	None	crystal	120	1120	no

Tabela 5 – Status da Porta de Emulação de Circuito em um Fabric do ASX-1000.

A tabela acima representa a placa CBR E1 VoicePlus. O valor da porta é dado pelo padrão de nomeação de portas dos switches ASX [FORE98b]. Isto significa que estamos utilizando a *fabric* "2" e a placa está localizada na parte inferior direita deste *fabric* "C" (na parte de cima da *fabric* temos A/B e na parte de baixo da *fabric* C/D). Analisando o significado destas informações :

port : A porta CES E1 na qual o CES está habilitado ou desabilitado;

state : Indica se o CES está habilitado ou desabilitado em uma certa porta. O **up** significa que o CES esta habilitado, já o **down** significa que o CES está desabilitado;

CRC4 Mode : **off** significa que a checagem de erro CRC4 está desabilitada naquela porta. **on** significa que está habilitada. O default é **OFF**;

TS16 Framing : **off** Indica se o time slot 16 estará sendo utilizado como um canal de dados qualquer naquela porta, ou quando **on** significa que o time slot 16 estará reservado para informações de sinalização. O default é **ON**;

Carrier State : **yes** significa que uma portadora foi detectada nesta porta, **no** significa que uma portadora não foi detectada nesta porta, ou algum problema no nível físico foi detectado;

Line Coding : O tipo de codificação de linha usada na porta. **HDB3** é a codificação High Density Bipolar, este método de codificação bipolar que não permite mais do que três zeros consecutivos;

Loopback State : Se a porta está em modo loopback. Usado para realizar debug quando se desconfia de erro no nível físico;

Port Timing : A fonte de temporização desta porta. Os valores são um destes :

?? **BNP** – indicando o board/network module/port do qual a temporização está sendo importada;

- ?? **SRTS** – indica que a sincronização por time stamp SRTS está sendo utilizada nesta porta;
- ?? **FABRIC (X)** – onde x é 1,2,3 ou 4 indicando que a temporização está sendo gerada de outro fabric do switch (isso só é possível em equipamentos ASX-1000 ou TNX-1100);
- ?? **NETWORK** indica que o clock está sendo extraído da própria linha física;
- ?? **CRYSTAL** indicando que o oscilador interno de cristal do módulo de rede está sendo usado como gerador de sincronização.

Line Imp : O valor da impedância da linha (em ohms, tanto 75 ou 120);

Line Status : O valor do status da linha da porta E1 CES;

UpStr AIS : **yes** significa que se um sinal LOS (*Perda de Sinal*) for detectado, então um sinal AIS (*Sinal de Indicação de Alarme*) é enviado para o equipamento PBX nas conexões não-estruturadas da porta especificada. Já o **no** significa que um sinal AIS não deve ser enviado para o equipamento PBX se um sinal LOS for detectado na porta especificada.

3.3.3. – O comando de criação de um Circuito Emulado CES

Sintaxe :

```
new <port> <timeslots> -oport <oport> -ots <ots>
ou new <port> <timeslots> -oport <oport> -ovpi <ovpi> -ovci <ovci>
```

Opções avançadas :

```
[-srts (on|off)] [-fupc <index>] [-bupc <index>]
[-cas (basic|cas)] [-partialfill <partialfill>] [-reassCDVT <cdvt>]
[-bufSize <bufSize>] [-integ <integ>] [idlesupp (enable|disable)]
[-idlemask <hex value>] [-idlepat (<idle pattern>|<cas pattern>)]
[-idleintp <msec>]
[-oidlesupp (enable|disable)] [-oidlemask <hex value>]
[-oidlepat (<idle pattern>|<cas pattern>)] [-oidleintp <msec>]
```

Tabela 6 – Comando para criação de Serviço CES E1 no ASX-1000.

Considerações iniciais : a opção SRTS está somente disponível para conexões de serviços não-estruturados. Assim como as opções –cas, -partialfill, -idlesupp, e –oidlesupp só se aplicam no modo estruturado [FORE98d] [URL99a].

Analisando a sintaxe :

port : A porta na qual a conexão CES está sendo criada.

timeslots : Indicam quais os *time slots* (1-24 para T1, 1-31 para E1) que estarão sendo configurados para um dado PVC. Quando estiver escrito **all** isto significa que o serviço é não-estruturado. Um *time slot* é uma faixa de dados de tamanho DS0 dentro de um tronco TDM.

oport : A porta de saída da conexão CES, que pode ser uma porta CES ou uma porta ATM.

ovpi : O Virtual Path Identifier (VPI) de saída da conexão CES quando a porta de saída não é uma porta CES.

ovci : Idem ao anterior mas agora temos a identificação do canal virtual (Virtual Channel Identifier) VCI.

ots : O número de timeslots de saída da conexão CES.

srts : Indica se Synchronous Residual Time Stamp (SRTS) método de recuperação de relógio por time stamps está habilitado nesta conexão. **ON** indica que SRTS está habilitada, **OFF** indica que SRTS está desabilitada. O default é **OFF** (Só funciona em serviços não-estruturados).

fupc <index> : O tipo de contrato UPC está sendo usado na direção de **ingresso** da conexão.

bupc <index> : O tipo de contrato UPC está sendo usado na direção de **egresso** da conexão.

cas : Indica se a Sinalização Associada a Canal (CAS) está sendo usada na conexão. Caso a opção esteja em **basic**, isto indica que o CAS não estará sendo usado, já a opção **cas** diz o contrário. A opção default é **basic**. Vale lembrar que **cas** só poderá ser usado em serviços estruturados.

partialfill : Indica quantos dos 47 bytes de payload disponíveis em cada célula são preenchidos antes do tempo de preenchimento total da célula, e transmitidos através da rede ATM. (ex. Na carga da célula temos n bytes de dados e n bytes de preenchimento dummy). A faixa deste parâmetro vai de 12 até 47 bytes. O valor padrão é 47 bytes de dados. A única exceção é quando for habilitada a supressão de ociosidade do canal (idlesupp) neste caso o valor mínimo do partialfill será 24 bytes.

reassCDVT <cdvt> : Trata do CDVT (*Cell Delay Variation*) das células que estão sendo recebidas pelo mecanismo de segmentação e remontagem (SAR). A faixa de abrangência deste parâmetro é de 100 até 24000 (microsegundos), e o valor default é 2000.

bufSize : A quantidade de espaço de buffer de remontagem alocado para a conexão. O default é 256 bytes por timeslot.

integ : A quantidade de tempo alocada para re-estabelecer a conexão antes, durante, ou após a chamada ser estabelecida, ou no caso do acontecimento de interrupção. O default é 2500 microsegundos.

idlesupp (enable | disable): **enable** significa que a supressão de canais ociosos será usada no lado de entrada desta conexão. **disable** significa que não está sendo usada esta facilidade. O default é **disable**.

idlemask <hex value>: A máscara padrão de detecção dos octetos que simbolizam a sinalização de ociosidade no lado de entrada desta conexão. Este método é somente usado para serviço estruturado básico, ou seja o CAS identifica automaticamente. A faixa de valores é 01 até FF. O padrão é FF.

idlepat (<idle pattern> | <cas pattern>): O padrão para detecção de ociosidade no lado de entrada da conexão. Para detecção baseada em idlemask, ele contém o padrão do octeto ocioso (*idle*). Para detecção baseada em sinalização, temos os seguintes padrões de sinalização telefônica CAS suportados : **em00**, **em01**, **fxolsuser01**, **fxolsuser11**, **fxolsnet00**, **fxolsnet01**, **fxolsuser00**, **fxolsuser01**, **fxolsnet01**, **fxolsnet11**, **fxsgsuser01**, **fxsgsnet10**, **fxsgsnet11**, **fxogsuser10**, **fxogsuser11**, **fxogsnet01**, **r210**. O default é FF para conexões básicas estruturadas, e o padrão de sinalização CAS default é o modelo AB da sinalização em00 (Ear & Mouth).

idleintp <msec>: Período de integração para detecção de ociosidade no lado de entrada da conexão, em milisegundos. Padrões de ociosidade são observados por este determinado período antes de declarar que uma conexão ativa tenha se tornado ociosa. Para ambas CAS e conexões básicas, a faixa de valores é de 500 microsegundos até 2 segundos, mas o default mesmo é de 1 segundo.

3.4. – Visão Geral do PABX NEAX 2400 da NEC

O PABX NEAX 2400 IMS é um Sistema Integrado de Comunicações, uma central telefônica com capacidade de atender até 23.000 portas, proporcionando inéditas facilidades e aplicações nas telecomunicações dentro das empresas [NEC97].

A comutação temporal a 1 estágio é de até 1500 portas, e a 3 estágios (T-S-T) para sistemas superiores a 1500 portas. Ele é ideal para setores empresariais, sistemas hospitalares, sistemas hoteleiros e call centers. Com a nova tecnologia Fusion da NEC, redes de PABX NEAX 2400 IMS podem ser integradas, com 100% de transparência.

Ele tem seu controle efetuado por um processador Intel® de 32 bits. Dentre as facilidades encontradas neste que é um dos melhores servidores de voz em operação, segundo a NEC, temos:

- ?? Interface E1 –Importante para o contexto do trabalho;
- ?? Identificação de chamada (ANI);
- ?? Bloqueio DDC (por ramal);
- ?? Comportamento RDSI (N-ISDN);
- ?? Integração com correio de voz;

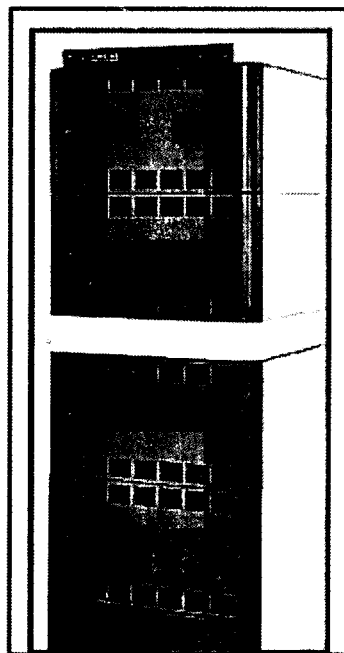


Figura 12 – Central Telefônica NEAX 2400.

- ?? Permite formação de redes com os protocolos SS7 e QSIG;
- ?? Comporta TAPI/TSAPI;
- ?? Bilhetagem de chamadas;
- ?? Distribuição automática de chamadas (ACD);
- ?? Ramais sem fio;
- ?? Integração computador-telefonía (CTI) através de interfaces OAI (*Interface de Aplicação Aberta*);
- ?? Voz sobre IP para interligação do PABX com a rede de dados do cliente.

3.4.1. – Configurações e Capacidades da Placa E1 da NEC

Foi concedido pela NEC – RJ, duas placas E1 para a realização dos testes. Seguem os procedimentos de configuração destas placas e informações relevantes para o contexto do experimento :

- ?? A Sinalização CAS setada nos jumpers das Placas de E1 cedidas é a Sinalização R2 Digital [ITU-T98];
- ?? Foi criado, usando o console de gerenciamento da Central NEC, uma rota fixa entre as duas placas, especialmente para o teste. Esta rota permite que seja feito um *loopback* entre as placas ao se digitar um código especial em um telefone ligado à central. O código criado foi #0 com acionamento da rota 40 e 41;
- ?? No primeiro teste realizado, foi feito um *cross-connect* entre as placas para a realização do *looping*. As placas ficaram alinhadas. O sistema de leds monitores da placa indicou funcionamento perfeito, e todos os canais do E1 livres (*todos os leds apagados*);
- ?? Usando dois telefones ligados diretamente à Central NEC (9980 e 9981), utilizamos o código para fazer a ligação entre os dois ramais passando pelas rotas 40 e 41, ou seja, necessariamente seguindo o caminho das placas E1 em teste;
- ?? Foram realizadas um conjunto de repetidas ligações entre #0 9980 e #0 9981, podendo constatar como é feito o monitoramento da ocupação de canal no console do equipamento

NEC. Cada vez que uma nova tentativa de ligação acontecia, a ocupação do próximo time-slot era estabelecida. Na primeira tentativa, o *time slot* 1 ficava ocupado, na próxima, o *time slot* 2 era ocupado, e assim sucessivamente.

- ?? Os leds de monitoramento das placas de E1 são numerados de 1 até 15 e de 17 até 31, ou seja tendo somente 30 canais de voz os 2 outros canais são o de enquadramento, ou *framing*, e o de sinalização.
- ?? O relógio de referência de sincronização da central telefônica CCMN é oriundo do relógio de sincronização utilizado pela rede da Telemar (Operadora dos canais telefônicos que ligam as centrais telefônicas da UFRJ com a rede PSTN externa).

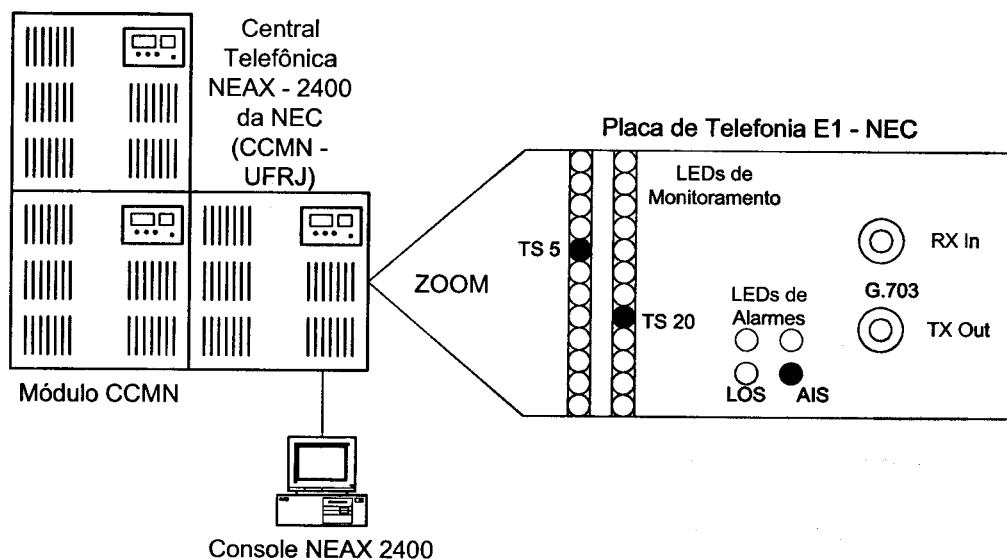


Figura 13 – Diagrama esquemático do ambiente de teste das placas E1 no PBX.

O desenho acima, mostra a localização das placas E1 dentro do equipamento NEAX-2400 e o zoom dos principais indicadores das placas. Cada indicador de TimeSlot (TS) ligado significa que um canal 1 x 64 kbps está sendo usado. Quando o usuário discar #0, ele está realizando a operação de tirar do gancho (*off-hook*). Nas duas placas E1 este comportamento se verifica, ou seja, os leds do *time slot* ocupado ficam acesos nas duas placas E1 na mesma posição.

4 – Sinalização Digital R2 Digital

A sinalização R2 é um padrão internacional (Recomendações Q.400 a Q.490 da ITU-T) de sinalização associada a canal (CAS). Ele utiliza link-a-link dois canais de sinalização em cada direção da transmissão do circuito. Na multiplexação do canal de 2,048 Mbps é provido 4 canais de sinalização ABCD (G.732).

A Forward	B Forward
A Backward	B Backward
C	D

Tabela 7 – Organização da Sub-Estrutura de Sinalização utilizada pelo R2.

As seguintes características operacionais providas pelo uso das 15 combinações forward e backward do código são :

- ?? Capacidade de transferir a informação de endereço para chamadas automáticas, semi-automáticas e de manutenção;
- ?? Indicadores para poder identificar chamadas em trânsito ou em manutenção (teste);
- ?? Dígitos de língua ou de discriminação para chamadas internacionais;
- ?? Transferência do próximo dígito ou repetição do último exceto um, do último exceto dois, ou do último exceto três dígitos na requisição de registro na extremidade receptora;
- ?? Sinais de controle de supressão de echo em forward e backward;
- ?? Informações a respeito da natureza e origem da chamada;
- ?? Informações a respeito da natureza do circuito podem ser transferidos no registro na extremidade receptora, ex. Se um link de satélite está sendo usado ou não;
- ?? Informações sobre congestionamento, número não alocado e sobre a condição da linha do assinante poder ser transferida, ex. Se ela está livre, ocupada, ou fora de serviço;
- ?? Um número restrito de sinais deixados para uso Administrativo com significados nacionais.

5 – Integrando todos os equipamentos

5.1. – Aprendizado e conhecimento dos equipamentos que emularão as placas E1 do PBX

No início de nosso trabalho, na tentativa de evitar quaisquer problemas com mal uso da Central Telefônica do CCMN (PBX), foi introduzido o conceito de “emulação das placas E1 do PBX”, para assimilação da tecnologia. A substituição destas placas se deu pela utilização dos seguintes recursos de rede local ? roteadores Cisco Família 2500, e conversores V.35 – G.703 FCD-2. A figura a seguir mostra este ambiente em funcionamento.

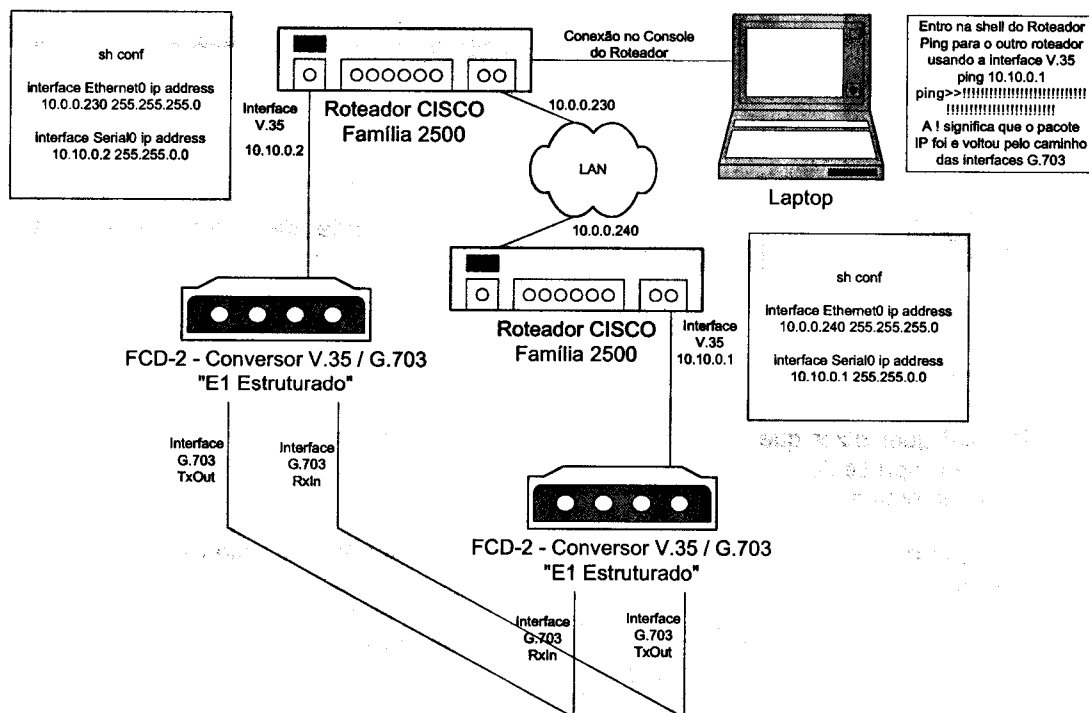


Figura 14 – Ambiente de “Emulação das Placas E1 do PBX” utilizando o par roteador - conversor para transformar um fluxo de pacotes IP em um canal estruturado E1 com fluxo.

No esquema apresentado, podemos ver que ao enviarmos uma requisição ping do roteador **de cima** usando a interface V.35 dele para a interface V.35 do roteador **de baixo**, estamos gerando, na verdade, pacotes IP em uma camada de rede do roteador de cima. Estes pacotes ao chegarem no conversor FCD-2 são estruturados em um canal síncrono encaixando-os em respectivos *time slots*. Ao chegarem ao conversor de baixo, ele converte este canal síncrono de volta para a interface V.35 onde estes pacotes vão chegar e voltar por causa do ping, repetindo o mesmo caminho na volta.

Os dados ao serem estruturados em canal síncrono pelos conversores, recebem uma série de características temporais, permitindo que possa ser medido o nível de sincronização deste canal. Este é o principal objetivo deste tipo de equipamento, pois ele é usado para enviar, via rádio, transmissão de canal síncrono estruturado (múltiplo de 64kbps).

Utilizando esta forma de manipulação do canal, podemos “emular” o preenchimento de um canal E1 estruturado. Dessa forma, fica bem mais fácil se observar questões como a sincronização através da camada física ou da camada ATM, a modificação dos parâmetros de relógio de referência e do tamanho dos quadros do E1, o que no caso do PBX seria muito mais difícil de se conseguir tanta flexibilidade.

Ao realizar este primeiro teste, verificamos que os equipamentos conversores apresentavam alarmes (nos seus buffers de alarme) contendo a mensagem **Link Frame Slip**, ou seja, estávamos começando a trabalhar com o problema da sincronização entre os conversores.

5.1.1. – Entendendo o mecanismo de sincronização

O mecanismo de sincronização em rede síncrona, compreende um equipamento gerando um relógio de referência que deverá ser mapeado e distribuído hierarquicamente entre todos os nós da rede que dependem da sincronização para retornarem o valor do canal síncrono [Stan97].

Foram testados diversas configurações de distribuição de relógio sobre a arquitetura apresentada na Figura 14.

Conversor 1	Conversor 2	Resposta
INT	LBT	Normal
INT	INT	Perda de Pacotes no Ping e Perda de Sincronização nos Conversores
LBT	LBT	Normal
LBT	INT	Normal

Tabela 8 – Distribuição de Relógio Possíveis no ambiente Proposto.

Normal quer dizer que todos os pacotes IP do ping chegaram ao seu destino, sem perdas, e não apresentou-se nenhum alarme nos conversores referentes à perda de sincronização ou outros problemas.

O caso **LBT vs LBT** é algo estranho em termos conceituais, visto que cada conversor regenera o seu sinal de sincronização **do outro e outro ídem**. Portanto, no caso deste teste, é impossível determinar, caso exista uma situação de erro entre os equipamentos, se o comportamento destes é se auto-corrigirem em termos de sincronização, ou se o erro será propagado indefinidamente.

Nos casos onde um dos conversores é INT e o outro é LBT, temos uma situação normal de uma rede síncrona onde algum dos equipamentos gera o clock e todos os outros tentam se sincronizar por este relógio de referência. Tanto faz se este relógio de referência

está sendo gerado no primeiro conversor quanto no segundo, contanto que ele seja gerado em somente um ponto, senão haverá um problema de sincronização como visto usando INT vs INT, onde os osciladores internos dos dois conversores têm uma frequência diferente. Teremos portanto, perda dos pacotes por um delineamento errado em um dos conversores, ou nos dois.

5.2. – Inserindo o Circuito Emulado da FORE

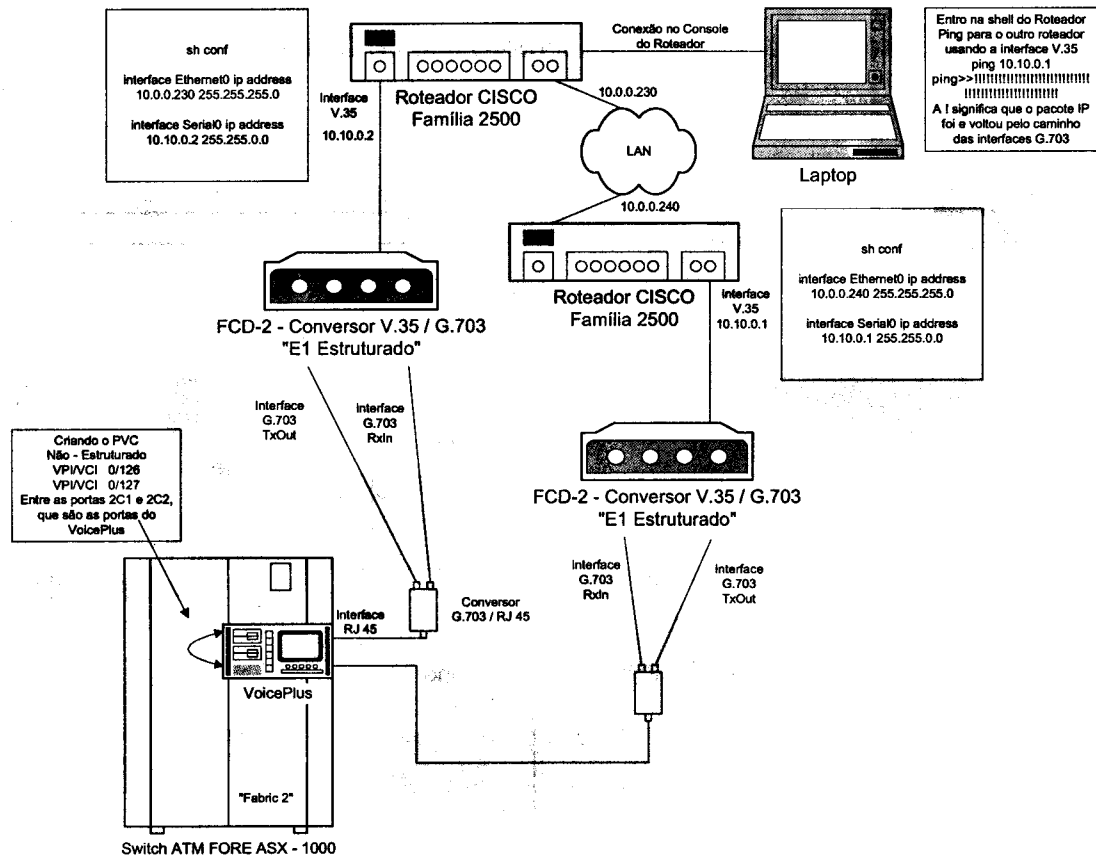


Figura 15 – Loopback entre os roteadores usando um canal E1 síncrono com o FORE fazendo um Serviço de Circuito Emulado sobre ATM.

Neste passo, colocamos um novo elemento, o switch ATM contendo a placa de emulação de circuito E1, a VoicePlus®. Como a interface de entrada da placa é diferente dos cabos coaxiais, foi preciso inserir um outro conversor G.703/4 >> RJ-45, de forma a termos um par trançado entrando nas portas 2C1 e 2C2.

No primeiro instante que colocamos e conectamos todos os cabos, uma série de luzes de alarme da placa VoicePlus ficaram amarelas e depois verdes, detectando a presença da portadora. Neste instante ainda não havia emulação de circuito configurada para transportar o conteúdo da conexão, ou seja, na console do roteador, como não tínhamos o loop definido, os pacotes IP eram perdidos ao realizarmos o PING.

Foi então criado um circuito emulado não-estruturado no VoicePlus ponto-a-ponto, entre as portas 2C1 e 2C2.

```
Fabric2:: config / ces >> new 2c1 all -oport 2c2 -ots all
```

Este comando gerou dois serviços CES (são as identificações para cada serviço de emulação de circuito na porta E1) que continham endereços de VCs adjacentes e que se interconectavam. A opção *all*, seguida pelo número de *time slots* (ots) também *all*, significa que o canal usado neste teste é não-estruturado.

Após este comando ter concluído as configurações de emulação de circuito, os pacotes IP trafegando na console do roteador puderam fazer o *loopback* sem erros.

5.2.1. – Entendendo o mecanismo de sincronização no Circuito Emulado FORE

No ATM FORE existe um mecanismo de sincronização que permite regenerar a marcação do relógio de referência a partir de uma porta da placa VoicePlus [FORE98e]. Para fazer isto é preciso configurar :

Fabric2:: config / timing >> switchclock primary 2C1

Através deste comando estamos informando ao ATM, de que forma ele regenerará o relógio e a partir de que porta.

Cenário	Conversor FCD Cima	Conversor FCD Baixo	ATM – 2C1	ATM – 2C2	Significado
1	Relógio LBT	Relógio LBT	Primary	None	Neste cenário , o conversor (FCD) de cima se reconfigura automaticamente deixando seu relógio em INT.
2	Relógio INT	Relógio LBT	Primary	None	<u>É uma repetição do Cenário 1 se reconfigura e corrige.</u>
3	Relógio LBT	Relógio INT	Primary	None	Por algum tempo temos alarmes de sincronização nos conversores, depois eles se reconfiguram automaticamente e ficam como no cenário 2.
4	Relógio INT	Relógio LBT	None	None	Completamente sincronizados.
5	Relógio INT	Relógio LBT	None	Primary	<u>Nenhuma alteração no que diz respeito à sincronização entre conversores, eles permanecem sincronizados</u>

Tabela 8 – Distribuição de Relógio Possíveis na Placa VoicePlus.

Analisando os resultados da tabela acima, precisaremos dar maiores explicações sobre o que está acontecendo com esta estrutura de distribuição de relógios. Na construção de uma rede síncrona é preciso distribuir o relógio entre todos os elementos da rede. No nosso caso, temos uma conexão entre dois pontos, onde um deles deve gerar a referência de relógio da rede. Para fazer isto nos conversores, conforme visto anteriormente, basta configurar a opção de Master Clock em Oscilador Interno, que ele dará a marcação de tempo para a rede. Para que não ocorram eventuais falhas no controle é preciso que os outros equipamentos distribuam este *clock* e que não gerem um novo relógio de referência [Stan97].

No cenário 1, temos uma situação estranha, onde ninguém gera o relógio de referência, e a porta 2C1 que está conectada ao Conversor FCD de cima (Figura 15) pede por uma marcação de tempo. O interessante é que o equipamento FCD-2 de cima automaticamente modifica a configuração do seu Master Clock de LBT para Oscilador Interno, fazendo com que ele passe a gerar o clock de referência que é capturado pela porta 2C1. O **switchclock primário** é quem dita ao equipamento FORE ASX-1000 quem gera relógio e qual porta está conectada para recuperá-lo.

A configuração do cenário 2 é a mais recomendada, onde o conversor 1 é o gerador de relógio de referência, e o switch usa a entrada 2C1 para regenerar o relógio na saída 2C2. Nos casos adicionais vale ressaltar que nos dois últimos testes, apesar deles estarem aparentemente sincronizados, o switch também está gerando relógio de referência. Nesse caso teríamos alguma colisão, e inexplicavelmente nenhum problema foi encontrado. Entretanto no caso mais estressante é provável que teríamos alarmes de **Link Frame Slip**.

5.2.2. – Transmissão de E1 estruturado ponto-a-ponto

Na criação de um E1 estruturado, o switch FORE tem duas opções :

- ?? Habilita o frame 16 para realizar sinalização CAS;
- ?? Desabilita o frame 16 e portanto o TS16 pode ser utilizado para carregar dados do usuário.

Primeiramente configuramos a temporização de modo que :

```
Conversor 1 :: Master clock INT
Conversor 2 :: Master clock LBT
Fabric2 :: conf timing >> switchclock 2C1
```

A seguir, é configurado o Circuito Virtual.

```
Fabric2 :: conf ces >> new 2c1 1-15:17-31 -oport 2c2 -ots 1-15:17-31 (CAS default none)
Fabric2 :: conf port cese1 >> ts16 2c1 off
Fabric2 :: conf port cese1 >> ts16 2c2 off
```

Como estamos lidando com o “emulador da placa E1 do PBX” (roteadores + conversores) não há como enviarmos algum tipo de sinalização como R2, ou E&M. Portanto um canal estruturado E1 para este teste não pode usar nenhum tipo de sinalização CAS.

É preciso fazer uma mudança nos conversores para utilizar o *Time slot 16 (TS 16 disponível como mais um canal de dados para o usuário)*, pois sem sinalização podemos usar todos os canais no modo estruturado.

```
Conversores :: Modifica-se Speed-kbps para 1920
                Modifica-se BP_TS_16 em YES
                E finalmente coloca-se o super-frame G.732 S
```

```
No Fore
Fabric2 :: conf ces >> new 2c1 1-31 -oport 2c2 -ots 1-31 -cas none
```

Este modo de canal estruturado conseguido faz com que o Switch FORE transmita transparentemente a sinalização recebida através do PVC, sem se preocupar com o padrão de sinalização, e sem realizar as facilidades que o entendimento da sinalização poderiam trazer como economia de banda pela detecção de sinais R2 indicando canal livre, ou desconexão de chamada.

5.3. – Repetição dos Testes Anteriores usando o Circuito Emulado da 3Com

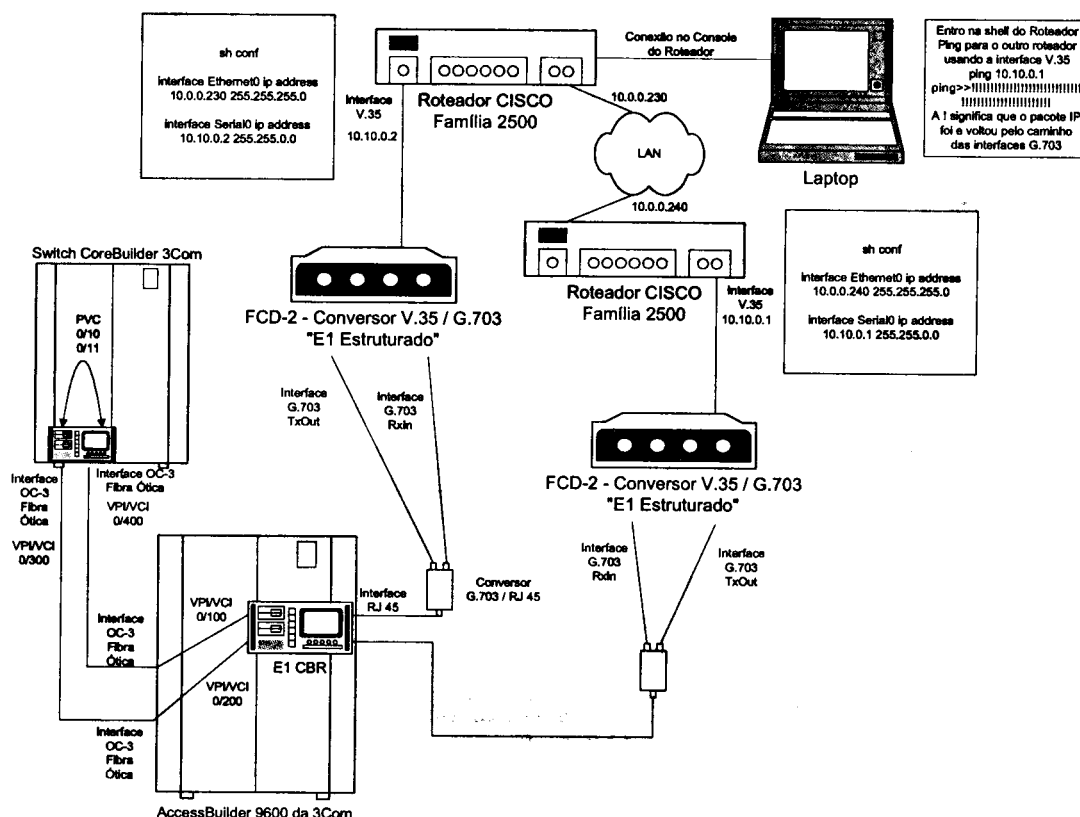


Figura 16 – Loopback entre os roteadores usando um canal E1 síncrono com o 3Com fazendo um Serviço de Circuito Emulado sobre ATM.

Para criar a emulação de circuito virtual no 3Com foi preciso criar um PVC em outro equipamento, pois ao contrário do FORE, o switch 3Com não permite a construção de circuitos virtuais entre portas E1 da sua placa E1 CBR. Logo foi utilizado um outro equipamento 3Com, o CoreBuilder, cuja função foi conectar um par de fibras e estabelecer um túnel entre as portas E1.

Passada esta dificuldade, foi então estruturada a sincronização em relação aos conversores. A sincronização no 3Com tem as mesmas características do FORE, sendo que o switch permite regenerar o relógio a partir de uma porta E1, ou utilizar outras sincronizações no nível físico e no nível ATM. Para o escopo do experimento utilizamos uma estrutura hierárquica de relógio de referência partindo do conversor 1 como **Master Clock INT**, colocamos a **porta 1 do 3Com como clock de referência para a porta 2**, e o conversor 2 como **Master Clock LBT**. O 3Com AccessBuilder Placa E1 CBR possui três modos de criação de serviços de Emulação de Circuito :

?? Serviço Não-Estruturado;

?? Serviço Estruturado Dados;

?? Serviço Estruturado Voz.

A relação com o FORE é muito parecida. No caso do uso do serviço não estruturado temos a utilização de toda a banda disponível para o circuito. Na utilização do serviço estruturado temos que no timeslot 16 de sinalização no super-quadro, este segmento será disponibilizado para o usuário como dados, fazendo com que sinalizações CCS (Common Channel Signaling) possam ser transportadas transparentemente dentro do equipamento.

O último tipo de serviço e mais complexo é o que habilita a sinalização CAS, tornando indisponível para o usuário a alocação do timeslot 16, e sendo preciso escolher um padrão para este CAS. Entre os padrões de CAS suportados pelo 3Com estão o E&M (Ear & Mouth), e o R2. Foram realizados testes contendo os seguintes cenários:

Cenário	Conv. Cima	Conv. Baixo	Porta CES 1	Porta CES 2	Switch System Clock	Significado
1	INT	LBT	Loop	System	Oscilador Interno	Neste cenário temos perdas esporádicas de pacotes, em decorrência de conflito entre o relógio gerado pelo conversor de cima, e o gerado pelo próprio switch na porta 2. Loop significa que ele recebe a frequência do canal e passa adiante a mesma frequência.
2	LBT	LBT	Loop	System	Oscilador Interno	Erros mais intensos que no teste anterior, provavelmente porque a porta 1 usa a frequência loopback do conversor de cima, e a porta 2 do switch gera relógio de referência.
3	LBT	LBT	System	System	Oscilador Interno	Sincronização Perfeita, neste caso o switch gera o relógio de referência nas duas portas por igual, e os conversores fazem loopback com este relógio.
4	INT	LBT	System	System	Oscilador Interno	Perda de sincronização no conversor de cima (Link Frame Slip). Decorrente do conflito entre os relógios de referência do switch e do conv. de cima.
5	INT	LBT	System	System	Clock de Referência na Porta 1	Sincronização Perfeita, dado que o clock master do switch recebe como relógio de referência o recebido pela porta 1, que vem do conversor de cima.
6	INT	LBT	Loop	Loop	Irrelevante	Este teste também apresentou sincronização perfeita, mas a técnica de captura do relógio do conversor de cima foi diferente da anterior.

7	INT	LBT	SRTS	SRTS	Clock de Referência na Porta 1	Este cenário também apresentou sincronização perfeita, usando a técnica SRTS transportada pela AAL1 fazendo seu cálculo com o relógio de referência da porta 1.
8	INT	LBT	Adaptive	Adaptive	Irrelevante	Este cenário também apresentou sincronização perfeita, mas resultado de uma bufferização correta no nível ATM (Relógio Adaptativo).

Tabela 8 – Distribuição de Relógio Possíveis na Placa E1 CBR da 3Com.

Em relação à configuração dos circuitos, eles foram estabelecidos assim :

CBR Module >> Port 1 >> Mode Unstructured
CBR Module >> Port 2 >> Mode Unstructured
Virtual Circuit >> Add VCC >> Port 1 >> OC-3 (Input) 0 / 100 (Output) 0 / 400 (Corebuilder)
Virtual Circuit >> Add VCC >> Port 2 >> OC-3 (Input) 0 / 200 (Output) 0 / 300 (Corebuilder)

Trabalhando com circuito não-estruturado obtemos um resultado perfeito, estando a sincronização correta também.

CBR Module >> Port 1 >> Mode Structured Data
CBR Module >> Port 2 >> Mode Structured Data
Virtual Circuit >> Add VCC >> Port 1 >> OC-3 (Input) 0 / 100 (Output) 0 / 400 (Corebuilder)
Virtual Circuit >> Add VCC >> Port 2 >> OC-3 (Input) 0 / 200 (Output) 0 / 300 (Corebuilder)

Em relação ao circuito estruturado de dados, foram necessárias algumas modificações no FCD-2 para realizar o teste com sucesso. Isto se deve ao fato de que no modo estruturado o Time-Slot 16 tem significado de canal de dados para o usuário.

Ch. Parameter : Speed-kbps : 1920
Link Parameter Frame : G732S
3Com >> CBR Module >> Port 1 & 2 >> CAS Disabled
Virtual Circuit >> Add VCC >> Port 1 >> timeslots 1-31

O último teste possível, utilizando o canal estruturado de voz no equipamento da 3Com, não foi possível usando o FCD-2, pois neste modo, a placa de emulação de circuito 3Com precisa que uma sinalização CAS esteja configurada. Portanto, o que diferencia principalmente o modo estruturado de voz do modo estruturado de dados é a presença ou não de sinalização CAS.

CBR Module >> Port 1 >> Mode Structured Voice
 Não foi possível a realização desta operação.

5.4. – Fazendo interoperação entre circuitos emulados FORE e 3Com

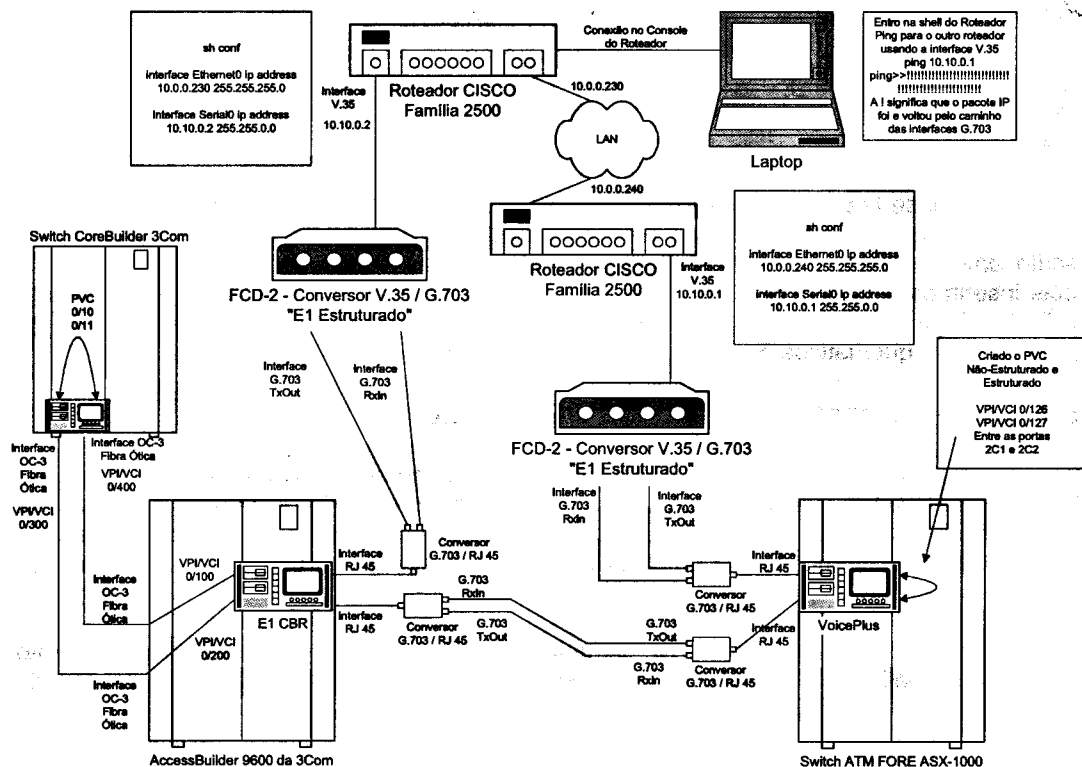


Figura 17 – Loopback entre os roteadores utilizando um canal E1 síncrono usando a Placa de Emulação de Circuito da 3Com interagindo com a Placa de Emulação de Circuito da FORE através de cabos coaxiais G.703.

Os cenários usados foram uma mistura entre os usados com o 3Com, ou o FORE sozinhos. O cenário mais interessante, foi o da distribuição do relógio de referência, e a criação do circuito estruturado sem sinalização CAS nos dois switches, para a transferência dos pacotes IP gerados pelo PING na rede ATM.

Quanto ao clock de referência :

Conversor 1 : Master Clock INT

Conversor 2 : Master Clock LBT

3Com Porta 1 : System

3Com Porta 2 : System

3Com System Clock : Referência Porta 1 CBR

Fore Switchclock : Primary 2C1

Alterações nos conversores:

Ch. Parameter : Speed-kbps : 1920

Link Parameter Frame : G732S

Fabric2 :: conf ces >> new 2c1 1-15:17-31 -oport 2c2 -ots 1-15:17-31 (CAS default none)

Fabric2 :: conf port cese1 >> ts16 2c1 off

Fabric2 :: conf port cese1 >> ts16 2c2 off

CBR Module >> Port 1 & 2 >> Mode Structured Data

CBR Module >> Port 1 & 2 >> CAS Disabled

Virtual Circuit >> Add VCC >> Port 1 & 2 >> timeslots 1-15 : 17-31

O *loopback* do ping funcionou perfeitamente neste cenário, mas esta configuração, não realiza nenhuma economia de banda na rede ATM, visto que não testamos a interpretação de sinalização CAS pelas placas emuladoras de circuito para eliminar canais ociosos em seus PVCs por demanda.

5.5. – Colocando as placas E1 do PBX nas extremidades da rede ATM

Nesta fase final, configuramos as placas E1 do PBX da NEC conforme o capítulo 2, e colocamos no lugar dos conversores + roteadores dos testes anteriores. Portanto, conforme descrito anteriormente, primeiramente fizemos um *loopback* entre as placas E1 do PBX e depois inserimos o circuito emulado FORE no meio das placas E1. Em seguida inserimos o circuito emulado 3Com no meio, e por fim dos dois equipamentos FORE e 3Com entre elas. Os diagramas esquemáticos desta seção são os mesmos apresentados no capítulo 2.

5.5.1. – Considerações quanto ao FORE no meio das placas E1

Na realização dos testes entre Fore e PBX, foi configurado o **switchclock** como a porta 2C1, ou seja o switch é temporizado utilizando o relógio de referência gerado pela primeira placa E1. Foi configurado um CES não-estruturado, que trabalhou perfeitamente com o fluxo de sinalização e de canais de voz entre as placas, parecendo mais uma continuação do cabo coaxial entre elas.

Na configuração de um CES estruturado, não foi colocada sinalização, portanto novamente a sinalização R2 do PBX trafegou dentro de *time slots* como carga do usuário transparente à qualquer interpretação pela placa VoicePlus.

5.5.2. – Considerações quanto ao 3Com no meio das placas E1

Nestes testes, a configuração do clock foi usando a porta 1 como referência, com esquema de distribuição de relógio semelhante ao anterior. Foram configurados um CES não-estruturado, e um CES estruturado de Dados (ou seja, sem sinalização) exatamente, os mesmos testes desenvolvidos com o FORE.

5.5.3 – Considerações quanto ao 3Com interoperando com Fore no meio das placas E1

Os mesmos testes de sincronização, distribuição de relógio e configuração de circuitos emulados foram realizados, com exceção daquele sobre o uso de sinalização e sua possível interpretação de ocupação e ociosidade de canais pelos equipamentos envolvidos.

6 – Conclusões

O trabalho abrangeu uma parte interessante do estudo do ATM, que é a Telefonia ou Voz sobre ATM. Utilizando os equipamentos disponíveis no Núcleo de Computação Eletrônica da UFRJ conseguimos constatar que os fabricantes convergiram na especificação de emulação de circuito do Fórum ATM, tendo portanto os equipamentos interoperando sem maiores problemas.

O Conversor FCD-2 foi extremamente útil para a consolidação e entendimento das idéias de sincronização e distribuição de relógio de referência em transmissões síncronas, para mapeamento de dados em super-quadros dentro dos *time slots* e o escopo de alarmes e problemas possíveis.

No estudo dos equipamentos da FORE e 3Com constatou-se que não estão disponíveis ainda as novas especificações do Fórum ATM, para tornar o ambiente ATM ideal

para a criação de uma Rede de Voz Privada (VPN) através de ATM Trunking, onde rotas de uma rede de PBX possam ser mapeadas em ATM e transportadas com transparência. A sinalização CCS, em um canal separado, como a SS7, também não foi abordada na implementação do Emulação de Circuito Virtual, sendo portanto algo a ser feito futuramente, de modo a integrar o ATM às redes de voz legadas.

Ficaram em aberto para trabalhos futuros, a questão da economia ou não da reserva de banda CBR dinamicamente pela utilização de sinalização específica da placa E1 do PBX e sua interpretação pelos equipamentos ATM.

7 – Referências Bibliográficas

- [3COM98] 3COM *PathBuilder S600 WAN Access Switch Reference Guide* Release 2.02, Julho 1998.
- [53by97] 53 Bytes – *The ATM Forum Newsletter*. Volume Cinco, Número 2, Voice Networking Over ATM in the WAN, Junho 1997.
- [ATM97a] ATM FORUM Specification AF-VTOA-0085.000 *(DBCES) Dynamic Bandwidth Utilization in 64 Kbps Time Slot Trunking Over ATM - Using CES*, Julho 1997.
- [ATM97b] ATM FORUM Specification AF-VTOA-0089.000 *Voice and Telephony Over ATM - ATM Trunking using AAL1 for Narrowband Services* Version 1.0 Julho 1997.
- [ATM99a] ATM FORUM Specification AF-VTOA-0113.000 *Voice and Telephony Over ATM - ATM Trunking using AAL2 for Narrowband Services* Version 1.0 Fevereiro 1999.
- [ATM97c] ATM FORUM Specification AF-VTOA-0083.000 *Voice and Telephony Over ATM to Desktop Specification*, Maio 1997.
- [ATM96] ATM FORUM Specification AF-PHY-0064.000 *E1 Physical Interface Specification*, Setembro 1996.
- [ATM99b] ATM FORUM Specification AF-VTOA-0119.000 *Low Speed Circuit Emulation Service (LSCES)*, Maio 1999.
- [ATM97d] ATM FORUM Specification AF-VTOA-0078.000 *Circuit Emulation Service Interoperability Specification* Version 2.0, Janeiro 1997.
- [ATM98] ATM FORUM Specification af-cs-0102.000 *PNNI Addendum on PNNI/B-QSIG Interworking and Generic Functional Protocol for the Support of Supplementary Services*, Outubro 1998.
- [ATM98x] ATM FORUM White Paper. "Voice Networking in the WAN", 1997.
- [ATM98y] ATM FORUM White Paper. "Speaking Clearly with ATM - A practical guide to carrying voice over ATM", 1997.
- [FCD93] FCD-2 : *Fractional E1 (CEPT) Rate & Interface Converter, Operator's Manual*. RAD Data Communications 1993, Pub. No. 206-20-08/93.
- [FORE98a] FORE *ForeRunner ASX-200WG, ASX-200BX and ASX-1000 ATM Switch Installation and Maintenance Manual*. MANU-149-05 - Rev. A - Software Version 5.3.x, Agosto 1998.

- [FORE98b] *FORE ATM Switch Diagnostics and Troubleshooting Manual*. MANU0232-04 - Rev. A - Software Version 5.3.x, Agosto 1998.
- [FORE98c] *FORE ATM Management Interface (AMI) Manual*. MANU0021-05 - Rev. A - Software Version 5.3.x, Agosto 1998.
- [FORE98d] *FORE AMI Configuration Commands Reference Manual*. MANU0265-02 - Rev. A - Software Version 5.1.x, Dezembro 1997.
- [FORE98e] *FORE ATM Switch Network Configuration Manual*. MANU0148-05 - Rev. A - Software Version 5.3.x, Agosto 1998.
- [FORE98f] FORE Systems Technical Education. *LAN Certification Core Product*, Janeiro 1998.
- [FORE97] FORE Systems White Paper. *Voice Over ATM : Ringing in LAN Telephony*, Setembro 1997.
- [ITU-T98] ITU-T Recommendations Q.400 to Q.490 – *Specifications Of Signaling System R2*, 1988.
- [PATT95] PATTON ELETRONICS CO. Model 460 : *G.703 Coax to Twisted Pair Adapter* (Balun). 07M460-A Revised 8/3/95.
- [NEC97] NEC – *NEAX 2400 IMS - Sistema Integrado de Comunicações* - Manual de Hardware, 1997.
- [Stan97] Stan Southern, *Network Timing Configuration Using FORE ATM Switches*, White Paper, Version 1.1, DRAFT 11/05/97.
- [Moli98] Molinari, Marcelo. *Transparencias sobre 3COM ATM WAN Linha PathBuilder (S310, S330, S600, S700)*, Dezembro 1998.
- [URL99a] Website do TACTics Online da FORE Systems (Serviço de Suporte ao Cliente) na Internet. <http://www.fore.com>
- [URL99b] Website do Fórum ATM na Internet: <http://www.forumatm.org>.